DER SISI–TEST BEI NORMALHÖRIGEN UND SEINE BEEINFLUSSBARKEIT DURCH RHYTHMUS UND MUSIKALISCHE ÜBUNG

Brigitte Scharz

1983

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41523705_0043

Aus dem Zentrum der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde des
Klinikums der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt am Main
Abteilung für Audiologie und medizinische Akustik
(Leiter: Prof.Dr.-Ing. D. Röser)

DER SISI-TEST BEI NORMALHÖRIGEN UND SEINE BEEINFLUSSBARKEIT DURCH RHYTHMUS UND MUSIKALISCHE ÜBUNG

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung des Doktorgrades der Medizin
des Fachbereichs Humanmedizin
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt am Main

vorgelegt von
Brigitte Scharz
aus Frankfurt am Main

Frankfurt am Main 1983

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Prof. Dr. med. H.J. Müller
Referent: Prof. Dr.-Ing. D. Röser
Korreferent: Prof. Dr. phil.nat. HK. Müller
Tag der mündlichen Prüfung: 9. Mai 1983

Druck: Dipa - Druck, 6000 Frankfurt, Tel. 55 61 88

Herrn Prof.Dr.-Ing. D. Röser möchte ich an dieser Stelle für die Überlassung des Themas sowie für die freundliche Unterstützung meinen aufrichtigen Dank aussprechen.

Allen Probanden, die durch ihre Teilnahme an den Versuchen das Erstellen der Arbeit ermöglichten, sei ebenfalls herzlich gedankt.

ÜBERSICHT

	Seite
EINLEITUNG	1
PHYSIOLOGISCHE GRUNDLAGEN ZUM INTENSITÄTS-UNTERSCHEIDUNGSVERMÖGEN	3
DIE KLINISCHE BEDEUTUNG DES SISI-TESTS	7
EIGENE EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN	13
Auswahl der Versuchspersonen	13
Versuchsablauf	14
Die Intensitätsabhängigkeit der SISI-Rate	17
Die Frequenzabhängigkeit der SISI-Rate	29
Die Fähigkeit der Probanden, den dargebotenen Rhythmus zu erlernen	40
Die Schwelle, ab der ein Normalhörender im SISI-Test ähnlich reagiert wie der kochleär Schwerhörige	45
Unterschiede zwischen musikalisch geübten und ungeübten Probanden	50
ZUSAMMENFASSUNG	56
LITERATURVERZEICHNIS	58

EINLEITUNG

Als J e r g e r, S h e d d u. H a r f o r d 1959 den von ihnen ausgearbeiteten SISI-Test* publizierten, lagen ihren Untersuchungen zwei Hauptkritikpunkte der audiometrischen Tests nach L ü s c h e r u. Z w i s l o c k i (1949) zugrunde: große Unterschiede der Patientenantworten zwischen den Versuchen und mangelnde Reliabilität der Testergebnisse zwischen den Untersuchern. Sie führten dies hauptsächlich auf das Zeitmuster des Testreizes zurück. Ihren Test begründeten sie deshalb auf drei Zielsetzungen :

1) der Gebrauch eines ununterbrochenen Stimulus
2) die Vereinfachung der Patientenaufgabe durch Vermeidung einer "Alles-oder-Nichts"- Entscheidung
3) die Vereinfachung und Objektivierung der Untersucherrolle in dem Verfahren.

J e r g e r et al. betonten außerdem, daß sie einen klinisch brauchbaren und leicht auszuführenden Test schaffen wollten zur Unterscheidung verschiedener Arten des Hörverlusts.
Die neue Methode fand zunächst überwiegend positive Aufnahme, wobei insbesondere ihre Überlegenheit zur Ermittlung von Cochlealäsionen gegenüber anderen Verfahren betont wurde (M o r g a n t e, E s t e v e s u. F e r n a n d e s 1964; O w e n s 1965; M o r g a n, C h a r a c h o n u. L e b r e t o n 1967;

---

*Der SISI-Test (Short Increment Sensitivity Index) ist ein audiometrisches Verfahren zur indirekten Bestimmung des Rekruitments. 20 dB oberhalb der Hörschwelle für die jeweilige Frequenz wird ein Dauerton angeboten, welcher alle 5 sec impulsartig um 1 dB anschwillt. Durch Betätigen eines Schalters gibt der Proband an, ob er einen Impuls wahrgenommen hat. Das Ergebnis wird in Prozent angegeben. Ein hoher Prozentsatz spricht für einen Kochleaschaden, ein niedriger für eine andere Ursache der Schwerhörigkeit. Ergebnisse im mittleren Bereich sind nicht verwertbar.

Hughes 1968; Babighian 1969; Spellenberg 1970 u. a.). Andere Autoren betrachteten den SISI-Test als Ergänzung der audiometrischen Untersuchungsmethoden nach Békésy und nach Fowler sowie Lüscher u. Zwislocki und in seiner Bedeutung als gleichwertig (Arai 1967; Delorge 1967; Riman 1973; Chüden 1976 und andere).

Erste Kritiken setzten dagegen in den siebziger Jahren ein, wobei die Unzuverlässigkeit des Verfahrens hervorgehoben wurde (Babighian 1971; Schunicht u. Esser 1972; Sagalovich u. Petrovskaya 1972; Brusis 1978; Wellschick 1978 und andere) und fanden ihren Höhepunkt in der Veröffentlichung von Brix 1979, der den SISI-Test aufgrund der von ihm angeführten Konstruktionsfehler für wertlos hält.

PHYSIOLOGISCHE GRUNDLAGEN ZUM INTENSITÄTSUNTERSCHEIDUNGSVERMÖGEN

Alle Theorien zur Funktionsweise des auditorischen Rezeptors gehen von einem Zusammenwirken der inneren und äußeren Haarzellen aus, so daß hier zuerst auf die Unterschiede dieser Sinneszellen hingewiesen werden soll :

Ontogenetisch stammen die inneren Haarzellen vom Rande des großen neuroepithelialen Wulstes, die äußeren Haarzellen dagegen vom kleinen Epithelwulst ab.

Anatomisch sind die inneren Haarzellen ovoid, ganz von Deiterschen Stützzellen eingekleidet und haben etwa 50 linear angeordnete Stereozilien. Die äußeren Haarzellen sind zylinderförmig, nur im basalen Teil von Stützzellen umhüllt und haben 100-150 W-förmig angeordnete Stereozilien.

In der Innervation bestehen besonders deutliche Unterschiede, 95% der afferenten Nervenfasern innervieren die inneren und nur 5% die äußeren Haarzellen; das heißt, daß etwa 28000 Dendriten 3000 innere Haarzellen versorgen und nur 1500 die 13000 äußeren Haarzellen. Die efferente Innervation bevorzugt dagegen die äußeren Haarzellen. Die inneren Haarzellen werden afferent hauptsächlich radiär und efferent von Spiralfasern versorgt, bei den äußeren Haarzellen herrscht das umgekehrte Prinzip vor.

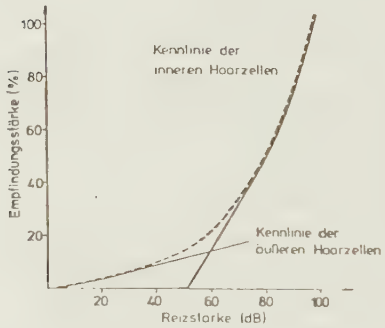
Auch metabolisch ließen sich durch Degenerationsverversuche wesentliche Unterschiede nachweisen. Nach Durchtrennung des Hörnervs degenerieren die inneren Radiärfasern, während die äußeren Spiralfasern unverändert bleiben. Bei Schädigung durch Hypoxie schwellen die inneren Afferenzen schnell an, die äußeren bleiben dagegen unbeeinflußt.

(G u l i c k; K l i n k e; L e h n h a r d t; S p o e n d l i n und Z ö l l n e r)

Über die funktionelle Bedeutung der beiden Sinneszellpopulationen besteht bis heute keine Klarheit, jedoch existieren viele Hypothesen, von denen einige dargestellt werden sollen :

Die Duplizitätstheorie (M e y e r z u m G o t t e s b e r g e; R a n k e; D a v i s)

Sie besagt, daß die äußeren Haarzellen eine geringe Reizschwelle, aber eine hohe Intensitätsunterschiedsschwelle haben, die inneren Haarzellen dagegen eine um 60 dB höhere Reizschwelle, aber eine geringe Intensitätsunterschiedsschwelle. L e h n h a r d t führt in diesem Zusammenhang die Kennlinien der beiden Zellpopulationen an, die diese Theorie gut stützen.



Beziehungen zwischen Reizstärke und Empfindungsstärke nach der Stevens-power-function für das Gehör mit dem Exponenten 2 (Stevens 1959, Keidel 1965) Die Kennlinie des Ohres (gestrichelt) ergibt sich aus zwei Komponenten, nämlich derjenigen der äußeren Haarzellen (*gleichmäßig ansteigend,* schwarz durchgehend) und derjenigen der inneren Haarzellen (anfangs Null, dann *steil* ansteigend, rot).

(aus Langenbeck, B., Lehnhardt, E. : Lehrbuch der praktischen Audiometrie, 5.Aufl., Stuttgart, Thieme 1978)

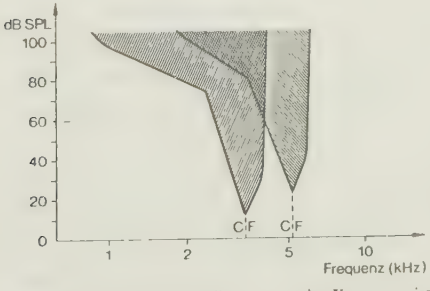
Da die äußeren Haarzellen durch Lärm oder chemische Noxen zuerst geschädigt werden, die inneren Haarzellen aber erst ab 60 dB ansprechen, lassen sich die Ergebnisse des SISI-Tests mit dieser Hypothese gut erklären.

Hypothese nach R a n k e und K e i d e l

Die beiden Autoren vergleichen die Funktionsweise der Haarzellen mit der der Rezeptoren des Auges. Aus der Tatsache, daß mehrere äußere Haarzellen mit einer afferenten Nervenfaser verbunden sind, erklären sie die niedrige Reizschwelle und aus der 1:1 - Versorgung der inneren Haarzellen das Zeitauflösungsvermögen. L e h n h a r d t verknüpft diese Theorie mit der Duplizitätstheorie, woraus sich ein sehr brauchbares Arbeitsmodell für die Interpretation audiometrischer Tests ergibt.

Second-Filter-Hypothese (E v a n s und K l i n k e)

Im Rahmen dieser Theorie, die im wesentlichen das Frequenzunterscheidungsvermögen als Funktion der äußeren Haarzellen in Wechselwirkung mit den inneren Haarzellen sieht, sind die tuning-Kurven (Abstimmkurven der Hörnervenfasern, die wahrscheinlich von den inneren Haarzellen stammen, da diese 95% der Afferenzen beanspruchen) der für die Intensitätsunterschiedsschwelle relevante Teil. K l i n k e betrachtet das Recruitment und somit auch den SISI-Test in seiner Wirkungsweise als Folge des Verlustes des scharf abstimmenden Teils der tuning-Kurven durch Cochleaschädigung. Da bei höherem Schalldruck nun sehr viele Fasern gleichzeitig aktiviert werden, läßt sich die niedrige Intensitätsunterschiedsschwelle für diesen Bereich erklären.



Schematische Darstellung von tuning-Kurven zweier afferenter Fasern des Hörnerven mit verschiedenen charakteristischen Frequenzen (CF)

(aus Klinke,R., Physiologie des Gleichgewichtssinnes, des Hörens und des Sprechens in: R.F. und Thews,G., Einführung in die Physiologie des Menschen, 18.Aufl., Berlin,Heidelberg, New York, Springer 1976)

Hypothese nach K i a n g et al.

Diese Hypothese besagt, daß die Innenohrschwerhörigkeit nicht auf der Zerstörung von Rezeptoren mit niedriger Schwelle beruht, sondern auf ihrer Umwandlung in solche mit höherer Schwelle. Dieses Phänomen trifft nur auf die für diese Sinneszelle typische Frequenz zu, so daß die Abstimmkurve bei niederen Frequenzen erhalten bleibt.
Mit dieser Theorie läßt sich die niedrige Intensitätsunterschiedsschwelle bei Innenohrschwerhörigkeit auch nur durch das Überlappen der tuning-Kurven erklären.

DIE KLINISCHE BEDEUTUNG DES SISI-TESTS

Der von J e r g e r et al. mit der Zielsetzung, einen klinisch brauchbaren und in seiner Durchführung für Untersucher und Probanden einfachen Test zu finden, konzipierte SISI-Test ist bezüglich seiner Objektivität ziemlich umstritten. Es soll versucht werden, die beiden Kriterien "klinische Bedeutung" einerseits und "Objektivität" andererseits einander gegenüberzustellen.

Der SISI-Test ist zum festen Bestandteil audiometrischer Untersuchungen geworden und kann als wichtigster überschwelliger Hörtest zur Erfassung von Haarzellschädigungen bezeichnet werden (B l e g v a d; B r i x (5); B r u s i s; F r i t z e; L e h n h a r d t; M a r t i n; W e l l e s c h i k; Y o u n g u. H a r b e r t). Dies läßt sich wahrscheinlich auf seine für den Untersucher einfache Durchführbarkeit zurückführen (W e l l e s c h i k), weshalb ihn D e l o r g e als orientierende Vorprüfung empfiehlt. C h ü d e n hingegen befindet den SISI-Test als sehr geeignet zum Nachweis von Cochlealäsionen in der Facharztpraxis. Der klar abgegrenzte Untersuchungsablauf, das eindeutig definierte Testsignal und die sehr reduzierte Einflußnahme des Testers auf das Ergebnis sprechen sicherlich dafür (B l e g v a d). Ferner betont B r u s i s den Vorteil, das Ergebnis in eingängigen Prozentangaben gut und überschaubar zu definieren. Für den Probanden ist der SISI-Test einfach zu verstehen (M a r t i n; W e l l e s c h i k u. W i c k e; Y a n t i s u. D e c k e r), entspricht durch seinen gleichförmigen Ablauf allerdings nicht der modernen Testpsychologie (F r i t z e).

Schon 1954 forderten H i r s h, P a l v a u. G o o d m a n einen verständlichen Test, da der Fowler-Test (er erfordert zur Bestimmung des Rekruitments den subjektiven Lautheitsvergleich zwischen beiden Ohren) zu kompliziert für die meisten Patienten ist.

L ü s c h e r u. Z w i s l o c k i hoben 1949 die Bestimmung der Intensitätsunterschiedsschwelle als einfachste indirekte Methode zur Diagnostik des Innenohrschadens hervor. Das Erkennen der Amplitudenmodulation bereitet allerdings vielen Probanden Schwierigkeiten (J e r g e r, S h e d d u. H a r f o r d), da sie eine Alles-oder-Nichts-Entscheidung treffen müssen. Der SISI-Test ist als Vereinfachung des Lüscher-Tests zu sehen (T i l l m a n).

B r i x hingegen betont, daß alle subjektiven Methoden, das Intensitätsunterscheidungsvermögen zu prüfen, sehr viel Zeit benötigen und im Einzelfall unzuverlässig sind; so ergibt sich z.B. die Schwierigkeit für den Untersucher die Latenzzeit der Versuchsperson zu bewerten. B r u s i s hingegen benutzt gerade die Reaktionszeit als Faktor, eine "falsch-positive" Antwort zu identifizieren.

Die Zweifel an der Objektivität des SISI-Tests setzen vorwiegend an den Verfälschungsmöglichkeiten jeder psychoakustischen Hörprüfung an. So sieht B r u s i s den negativen Ausfall des SISI-Tests möglicherweise durch zu geringen oder zu großen Hörverlust, durch fehlende Adaptation, pathologische Hörermüdung, Aggravation, psychogene Schwerhörigkeit, Zerebralsklerose, Imbezilität oder Tinnitus bedingt und fordert stets eine weitgehende differentialdiagnostische Abklärung bei negativem Ausfall. Die Kooperationsbereitschaft und die Intelligenz des Patienten sind weitere, auf das Ergebnis Einfluß nehmende Faktoren (B a b i g h i a n (2); S c h u n i c h t u. E s s e r). Als durch den Test selbst bedingte Fehlerquellen werden die Lautstärke und die Frequenz des tragenden Tons gesehen (B a b i g h i a n (2); W e l l e s c h i k; Y o u n g u. H a r b e r t). Hinzu kommen individuelle Unter-

schiede im Lautstärkenunterscheidungsvermögen (M a r t i n; L e h n h a r d t) und der gleichförmige Rhythmus, in dem die Inkremente dargeboten werden (B r i x (5); F r i t z e; O w e n s (1)).

Auffällig ist auch die unterschiedliche Bewertung der Testergebnisse durch die einzelnen Autoren. So werten L e h n h a r d t und Y o u n g u. H a r b e r t 0-15% als negativ, B l e g v a d; B r u s i s; M a r t i n; O w e n s; R a h k o; Y a n t i s u. D e k k e r und Z ö l l n e r 0-20% als negativ, B r i x; J e r g e r, A l l e n, R o b e r t s o n u. H a r f o r d; J o h n s o n und P l a t h 0-30% als negativ und J e r g e r (2) 0-60% als negativ bzw. symptomatisch für Mittelohrschwerhörigkeit, Nervus VIII-Schäden und Normalhörigkeit. Der positive Ausfall des SISI-Tests bzw. der Nachweis einer Cochleaschädigung wird von B l e g v a d; J e r g e r (2); L e h n h a r d t; O w e n s; R a h k o; T i l l m a n und Y a n t i s u. D e c k e r bei 60-100%, von B r i x; J o h n s o n; M a r t i n; P l a t h; W e l l e s c h i k und Y o u n g u. H a r b e r t bei 70-100% und von B r u s i s und Z ö l l n e r bei 80-100% gewertet. Die Werte dazwischen werden als fraglich bzw. nicht verwertbar angesehen.
Die unterschiedliche Bewertung der Testergebnisse ist insofern bedeutsam, als P l a t h nachweisen konnte, daß innerhalb der ersten sechs Inkremente eine deutliche Zunahme der Antworthäufigkeit erfolgt, die erst danach im Wesentlichen konstant bleibt. Y a n t i s u. D e c k e r gehen sogar soweit, eine Nichtbewertung der ersten fünf Impulse zu empfehlen - d.h. 25% der Gesamtzahl der geprüften Impulse. Hingegen beschreibt P l a t h eine Tendenz zur Alles-oder-Nichts-Angabe und führt die deutlichere Signifikanz des SISI-Tests gegenüber dem Lüscher-Test auf die Konstanz der Test-

dauer zurück. Die Intensitätsabhängigkeit fällt aber auch hier ins Gewicht, da er den Effekt der Abnahme der Intensitätsunterschiedsschwelle nach Vorbelastung bei 80 dB deutlich geringer fand als bei 40 oder 20 dB. Dieser Beobachtung trägt L e h n h a r d t Rechnung, der eine Einschränkung der Regel, stets 20 dB überschwellig zu messen, empfiehlt: bei geringem Hörverlust soll 25-30 dB überschwellig gemessen werden, bei zu großem Hörverlust nur 10-15 dB über der Schwelle.

L e h n h a r d t sieht einen Hörverlust erst ab 40 dB als relevant an, womit man automatisch über 60 dB Grundintensität kommt, d.h. in den steilen Bereich der Intensitätsunterscheidungskennlinie. Er beschreibt auch, daß die Ergebnisse um so zuverlässiger werden, je mehr diese Schwelle überschritten wird. Die wiederholten Zweifel an der Zuverlässigkeit des SISI-Tests führt er auf mangelndes Verständnis der theoretischen Grundlagen zurück. Er empfiehlt zur weiteren Differenzierung den SISI-Test mit 2 dB-Impulsen durchzuführen und die ΔI-Schwelle nach Lüscher zu bestimmen.

O w e ns(1) schlägt auch eine Änderung der Meßlautstärke zur Vermeidung von Fehlern vor, da er die Aussagekraft des SISI-Tests bei sehr geringem oder sehr großem Hörverlust eingeschränkt sieht. Er schätzt den SISI-Test aber als sehr brauchbar ein, um den Sitz der Läsion audiologisch abzuklären. Y o u n g u. H a r b e r t beschreiben, daß generell hohe SISI-Raten gefunden werden, wenn mindestens 60 dB das Innenohr erreichen, außer bei abnormer Adaptation, wo die SISI-Rate für alle Intensitäten nahe 0% liegt und sie schlagen den SISI-Test als Meßmethode für abnorme Adaptation vor.

Die Unsicherheit des SISI-Tests bei geringem Hörverlust

beschreibt auch J o h n s o n (1); er berichtet von 163 Patienten mit retrocochleären Läsionen, wo er in 76% eine niedrige, aber in 20% der Fälle eine hohe SISI-Rate fand; obwohl die geringen Läsionen nur 25% der Gesamtzahl ausmachten, stellten sie 45% der widersprüchlichen Ergebnisse dar.

W e l l e s c h i k zeigt, daß nicht nur die Prüfintensität, sondern auch die Prüffrequenz das Ergebnis beeinflußt, weshalb Befunde nahe 0% im Tief- und Mitteltonbereich nicht in jedem Falle als Ausdruck einer retrocochleären Schwerhörigkeit zu deuten seien; nur bei positivem Ausfall läßt sich auf den Sitz der Hörstörung schließen. Er befindet den SISI-Test deshalb als ungeeignet zur Aufdeckung einer multifaktoriellen Genese einer Hörstörung bei erwiesener pathogener Lärmexposition.

R u b i n s t e i n et al. hingegen empfehlen, die Durchschnittswerte von 4 Prüffrequenzen als Endergebnis zu werten, um die Frequenzabhängigkeit in die Bewertung einzubeziehen.

R a h k o konnte in einem Postadaptationsversuch nachweisen, daß zwar höhere Frequenzen mehr Adaptation hervorbringen als niedrigere, die Streuung aber so groß ist, daß keine Signifikanz beschrieben werden kann. Ferner konnte er zeigen, daß der Gebrauch eines ununterbrochenen Stimulus' das Ergebnis nicht durch Adaptation verfälscht.

B a b i g h i a n; B l e g v a d; M o r g a n t e et al. und S p e l l e n b e r g schätzen den SISI-Test als besonders zuverlässiges Verfahren zur Aufdeckung von Störungen im Haarzellbereich.

J o h n s o n (1); M a r t i n; T i l l m a n und Y a n t i s u. D e c k e r heben hervor, daß kein audiometrischer Test für sich allein als beweiskräftig angesehen werden kann und daß sich die Zusammenstellung einer vollständigen Testbatterie als am meisten zuverlässig und beweiskräftig herausgestellt hat.

Anders ist die Ansicht von B r i x zu verstehen, der den SISI-Test für kein geeignetes diagnostisches Verfahren zur Abklärung verschiedener Hörstörungen hält. Vielmehr sollten alle klinischen Tests überprüft und durch objektive Methoden berichtigt werden. Für den SISI-Test konnte er im EEG ca 40 - 50 % "falsch-positiver" Antworten nachweisen. Er empfiehlt daher die objektive Überprüfung des SISI-Tests im EEG, wo der gerade bemerkte Intensitätswechsel zu einem evozierten Potential und einer positiven Gleichspannungsverschiebung nach dem Inkrement führt; ein Erwartungspotential erscheint vor jeder Änderung der Intensität als objektives Zeichen für die Erwartung des nächsten Impulses; wenn der Intensitätsunterschied zu klein ist, um erkannt zu werden, dann erscheint kein evoziertes Potential, jedoch ein Erwartungspotential, das aber nicht in zeitlichem Zusammenhang zu dem Stimulus stehen muß.
Diese Methode erscheint zur objektiven Testdurchführung ideal, hat allerdings den Nachteil, daß sie hauptsächlich den Kliniken vorbehalten bleiben muß und die Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen der Hals-Nasen-Ohren-Facharztpraxis wegfällt. Bei zweifelhaften Ergebnissen der psychoakustischen Hörprüfungen scheint eine Objektivierung jedoch unerläßlich.

EIGENE EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

Die Versuche wurden durchgeführt, mit dem Ziel

1) die Intensitätsabhängigkeit der SISI-Rate
2) die Frequenzabhängigkeit der SISI-Rate
3) die Fähigkeit der Probanden, den dargebotenen Rhythmus zu erlernen
4) die Schwelle, ab der ein Normalhörender ähnlich reagiert wie der kochleär Schwerhörige
5) Unterschiede zwischen musikalisch geübten und ungeübten Probanden

zu untersuchen.

Auswahl der Versuchspersonen

Es nahmen 55 Versuchspersonen im Alter von 20 - 55 Jahren teil, mit einem Durchschnittsalter von 28,4 Jahren. Das Kriterium "musikalisch geübt" war erfüllt, wenn der Versuchsteilnehmer aktiv mindestens 1 Jahr lang ein Instrument gespielt, in einem Chor gesungen oder an rhythmischen Bewegungsübungen teilgenommen hatte. Es ergab sich so eine Gruppe von 30 musikalisch geübten und eine Gruppe von 25 ungeübten Probanden. Die Hörschwelle wurde mit dem auch für die Versuche benutzten Tonaudiometer "Amplaid 300" bestimmt. Der Hörverlust durfte für keine der nachfolgend aufgeführten Testfrequenzen mehr als 15 dB betragen - die niedrigste Schwelle lag bei -5 dB - d.h. die Versuchspersonen waren nahezu Normalhörende.

Versuchsablauf

Der SISI-Test wurde bei den Frequenzen 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz und 8000 Hz und den Intensitäten 30 dB, 40 dB, 50 dB, 60 dB und 70 dB überschwellig durchgeführt. Wir benutzten zwei verschiedene Rhythmen, um die Impulse (Δ I=1 dB) anzubieten, den 3-sec-Takt und den 5-sec-Takt. - R i e s z wies 1928 die höchste Empfindlichkeit zwar für 3 Inkremente/Minute nach, dieser Takt ist aber ungebräuchlich. - Den Anfang bildete die Intensität 30 dB(SL) durchgehend mit den Frequenzen 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz und 8000 Hz. Danach wurde die Schallstärke nach und nach um je 10 dB erhöht und die Frequenz immer in der gleichen Reihenfolge wie am Anfang geändert. Den Frequenzen 500 Hz, 2000 Hz und 8000 Hz war stets der 3-sec-Takt zugeordnet und den Frequenzen 1000 Hz und 4000 Hz der 5-sec-Takt, so daß ständig ein Wechsel stattfand. Es mußte genügen, bei jeder Frequenz-Intensitätseinstellung nur 10 statt sonst üblich 2o Inkremente anzubieten, um die Versuchspersonen nicht unzumutbar zu belasten; dies schien nach Untersuchungen von G r i f f i n g u. T u c k und Y a n t i s u. D e c k e r erlaubt, ohne die Reliabilität des Versuchs zu gefährden.
Zur Durchführung der Versuche stand das Tonaudiometer "Amplaid 300" zur Verfügung, das die Impulse, wie in der Originalarbeit von J e r g e r et al. beschrieben, mit einem Anstieg von 50 ms, einem Maximum von 200 ms und einem Abfall von 50 ms anbietet.
Jeder Einzelversuch wurde durch die Reduktion des Intensitätswechsels von 5 dB auf 1 dB in 1 dB-Schritten eingeleitet.
Wann immer die Versuchsperson es wünschte, haben wir

den Test für eine kurze Pause unterbrochen. Das war frühestens nach fünf Einzelversuchen (ca. 6 min) der Fall, meistens jedoch nach dem zehnten Versuch. In den meisten Fällen waren zwei Pausen ausreichend und angenehm.
Ganz am Anfang der Untersuchung lag die Bestimmung der individuellen Hörschwelle. Danach wurden dem Probanden bei 50 dB(SL) und 2000 Hz 10 Impulse mit (Δ I=5 dB) im 5-sec-Takt angeboten. Nach Abschalten des Tones mußte er versuchen, den vorgegebenen Rhythmus mit dem Antwortschalter beizubehalten. Dann kam die Wiederholung dieses Versuches, nur im 3-sec-Takt. Erst danach folgte die eigentliche Untersuchung, die Durchführung des SISI-Tests bei den oben angegebenen Frequenzen und Intensitäten. Die Versuchsperson wurde dahingehend angewiesen, den Antwortschalter zu drücken, wenn der durchgehende Ton sich verändert.
Nach dem letzten Versuch erging an jeden Probanden die Frage, bei welcher Tonhöhe und bei welcher Lautstärke es für ihn am einfachsten war, den Intensitätsunterschied zu erkennen. Vor Versuchsbeginn war nur allgemein auf darauffolgende Fragen hingewiesen worden. Zum Schluß wurde der am Anfang durchgeführte Rhythmusversuch wiederholt, um festzustellen, ob ein gewisser Lerneffekt beobachtet werden kann.

Die Ergebnisse der einzelnen Versuche (sowie die Standardabweichungen der Mittelwerte) sind in Tabelle 1 aufgeführt. Die folgenden Abbildungen 3-7 sowie 9-17 beziehen sich auf diese Werte.
Die Darstellungen 3-7, 10-15, 17 sowie 21 und 22 unterscheiden zwischen der Gesamtpopulation (ges), den musikalisch geübten (Mus) und den ungeübten Probanden (NiMus).

		500 Hz		1000 Hz		2000 Hz		4000 Hz		8000 Hz		Ø 500-Hz 8000 Hz	
		Mtl-wert	Std-abw.	Mtl-wert	Std-abw.	Mtl-wert	Std-abw.	Mtl-wert	Std-abw.	Mtl-wert	Std-abw.	Mtl-wert	Std-abw.
30 dB	ges	16,0	25,1	14,7	21,2	26,7	31,5	14,9	22,0	19,3	30,4	18,5	20,8
	Mus	24,3	28,7	23,3	24,7	34,0	30,4	22,7	26,4	26,7	33,9	26,6	21,9
	Ni-M	6,0	15,3	4,4	8,7	18,0	31,1	5,6	9,2	10,4	23,2	8,8	14,4
40 dB	ges	27,1	33,1	28,4	33,5	30,6	32,0	31,6	33,4	31,5	36,7	29,8	26,9
	Mus	39,7	37,6	36,7	35,7	42,0	34,2	40,3	36,9	44,7	38,0	40,7	26,9
	Ni-M	12,0	18,0	18,4	28,2	16,8	23,0	21,2	25,7	15,6	28,3	16,8	20,7
50 dB	ges	40,1	37,1	38,6	36,3	44,4	38,2	53,8	37,3	47,3	41,7	45,8	32,9
	Mus	57,0	35,3	51,3	36,2	59,0	35,9	71,0	29,8	63,3	40,5	61,7	27,6
	Ni-M	16,4	28,4	23,2	30,7	26,8	33,8	33,2	35,3	28,0	35,0	26,7	28,7
60 dB	ges	56,7	39,9	57,3	38,4	68,2	35,3	68,2	37,3	76,4	32,2	65,8	28,9
	Mus	71,7	37,2	67,0	38,2	82,0	27,7	80,3	30,9	82,0	25,0	76,6	22,4
	Ni-M	39,2	35,7	45,6	36,1	51,6	36,7	53,6	39,7	68,8	38,6	52,8	31,0
70 dB	ges	71,8	34,1	80,9	31,1	91,5	20,9	89,6	23,5	83,8	31,0	83,4	22,6
	Mus	75,3	30,4	84,7	25,6	97,7	5,0	96,3	11,6	87,3	29,1	88,3	16,2
	Ni-M	67,6	38,3	76,4	36,3	84,0	29,2	81,6	30,9	79,6	33,2	77,4	27,6
Ø 30-70 dB	ges	42,1	27,7	44,0	25,6	52,3	23,1	51,9	24,0	52,2	25,4		
	Mus	53,4	27,4	52,7	26,1	63,0	17,6	62,8	20,4	62,5	22,8		
	Ni-M	28,6	21,6	33,6	21,6	39,4	22,5	38,8	21,5	39,8	23,1		

Tabelle 1 Mittelwerte der in den Einzelversuchen erreichten SISI-Raten, sowie deren Standardabweichungen

Die Intensitätsabhängigkeit der SISI-Rate

Zunächst soll auf zwei Einzelversuche eingegangen werden. Abb. 1 zeigt die Meßergebnisse bei 1000 Hz und 30 dB(SL). Aufgetragen ist die Zahl der Probanden, bei denen sich eine gewisse SISI-Rate ergeben hat. Zusätzlich wird unterschieden zwischen den musikalisch geübten Versuchspersonen (Mus) und den ungeübten (NiMus). Fast die Hälfte der Probanden (insgesamt waren es 55) war nicht in der Lage, den Impuls mit ΔI=1 dB zu hören, obwohl sie die Einführungsimpulse alle wahrgenommen hatten. Wenn einige Impulse gehört wurden, handelte es sich stets um die ersten, die der Einführung folgten; danach wurde stets angegeben, daß der Ton entweder gleichbleibend sei, oder daß er schwinge, aber eine Änderung nicht genau zu differenzieren sei. Bei den drei Probanden, die 7 oder mehr Inkremente wahrnehmen konnten, gingen entweder der erste Impuls oder der eine oder andere Impuls in der Versuchsmitte unter.
Abb. 2 zeigt die Ergebnisse ebenfalls bei 1000 Hz, aber 60 dB(SL). 31 Versuchspersonen waren jetzt in der Lage, 7 oder mehr Inkremente zu hören, 11 konnten sogar alle Inkremente wahrnehmen; für die nicht angegebenen Impulse gilt das bereits oben Gesagte. Doch 19 der Probanden konnten trotz eines Schallpegels von 60 dB(SL) nur maximal 3 Impulse unterscheiden. Ihre relativ wenigen angezeigten Inkremente lagen bei diesem Versuch aber nicht vorwiegend am Anfang nach Einführen in den Rhythmus, sondern waren mit ähnlicher Häufigkeit zur Versuchsmitte hin verteilt. Ergebnisse mit 4 bis 6 wahrgenommenen Impulsen sind hauptsächlich auf mangelnde Konzentration der Versuchspersonen zurückzuführen.

In den Abbildungen 3-7 sind jeweils für die verschie-

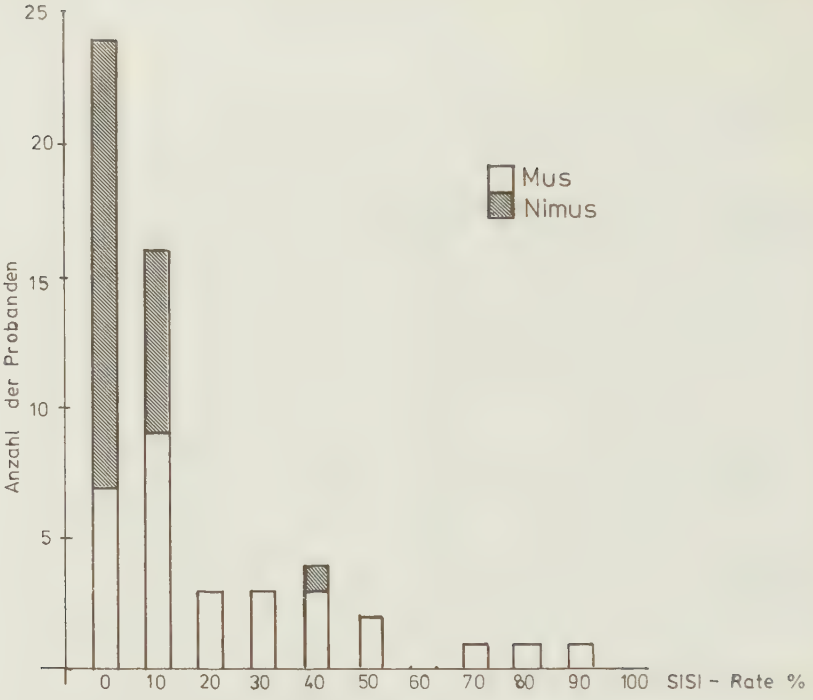


Abb. 1 SISI-Rate der Probanden für die Messung bei 1000 Hz und 30 dB (n=55)

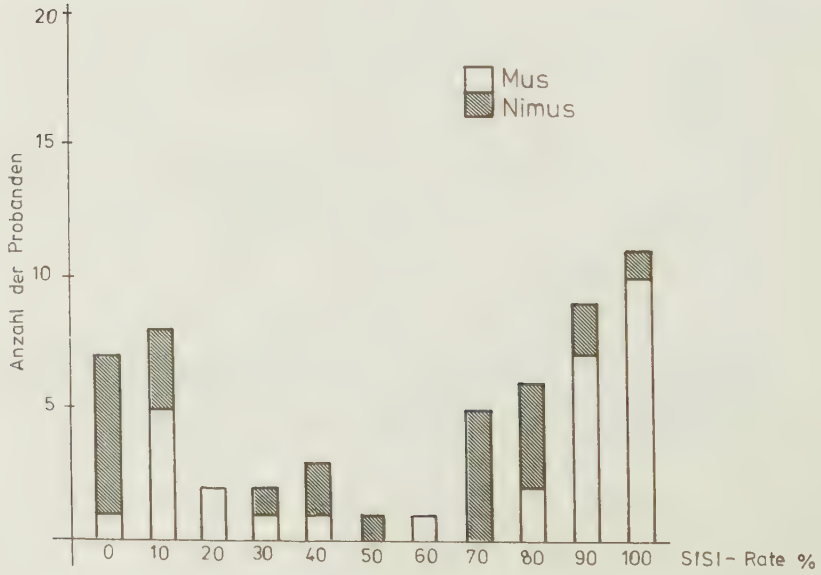


Abb. 2 SISI-Rate der Probanden für die Messung bei 1000 Hz und 60 dB (n=55)

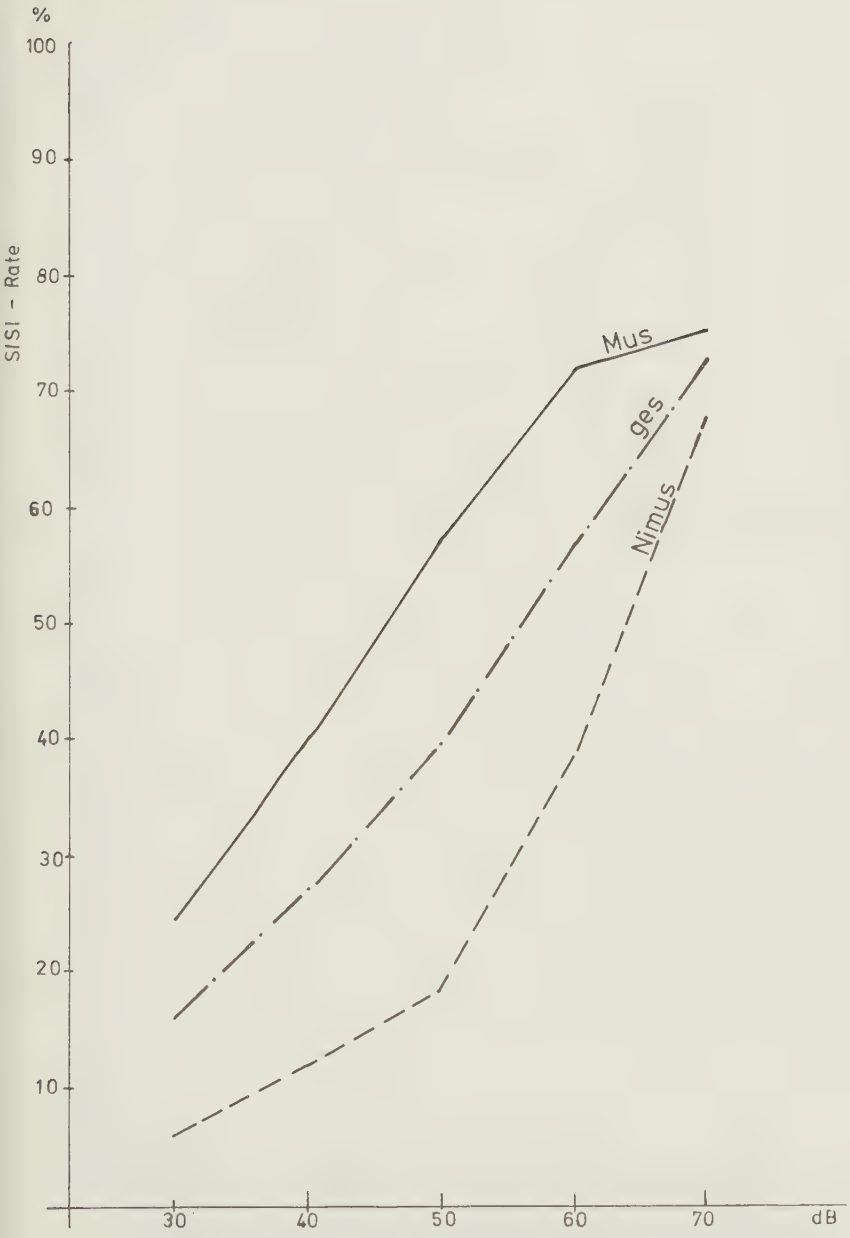


Abb. 3 Mittelwerte der SISI-Raten bei 500 Hz in Abhängigkeit von der Schallstärke (Die Standardabweichungen sind aus Tabelle 1 zu entnehmen.)

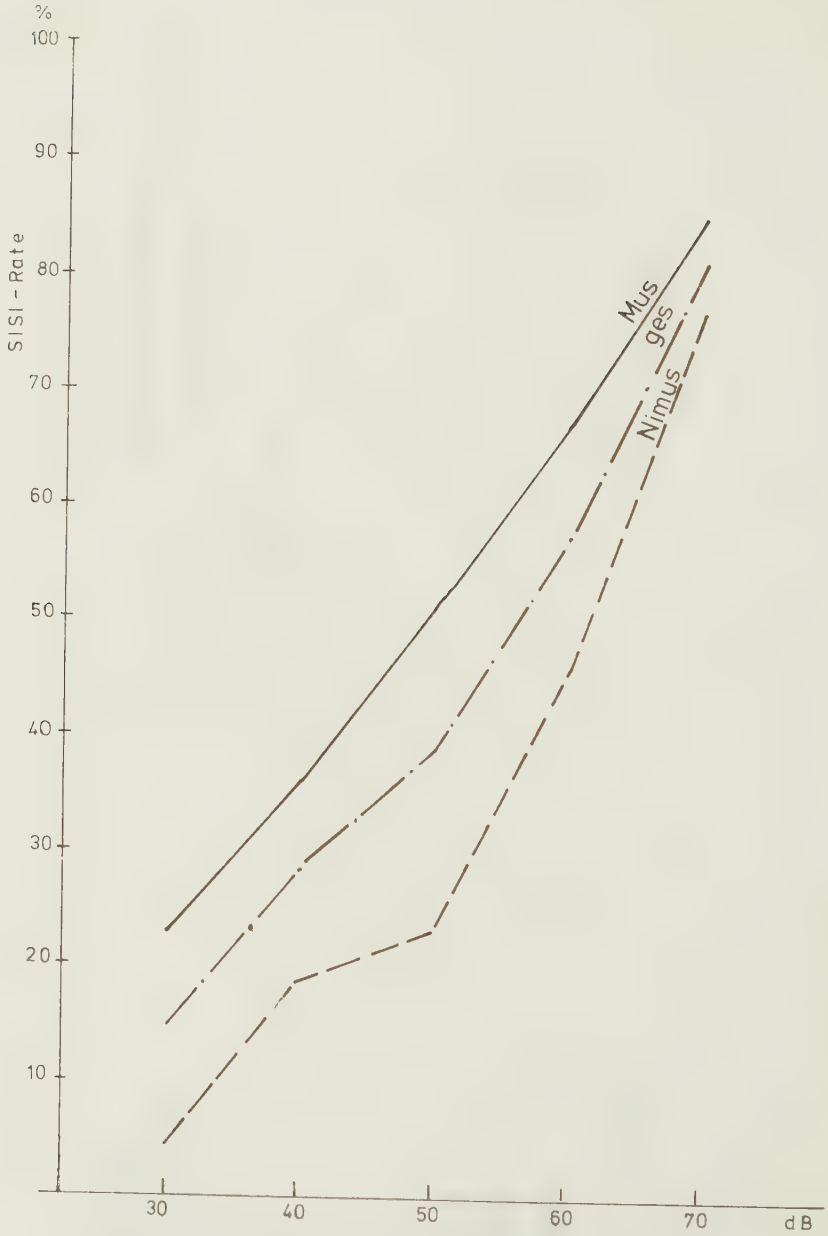


Abb. 4 Mittelwerte der SISI-Raten bei 1000 Hz in Abhängigkeit von der Schallstärke (Die Standardabweichungen sind aus Tabelle 1 zu entnehmen.)

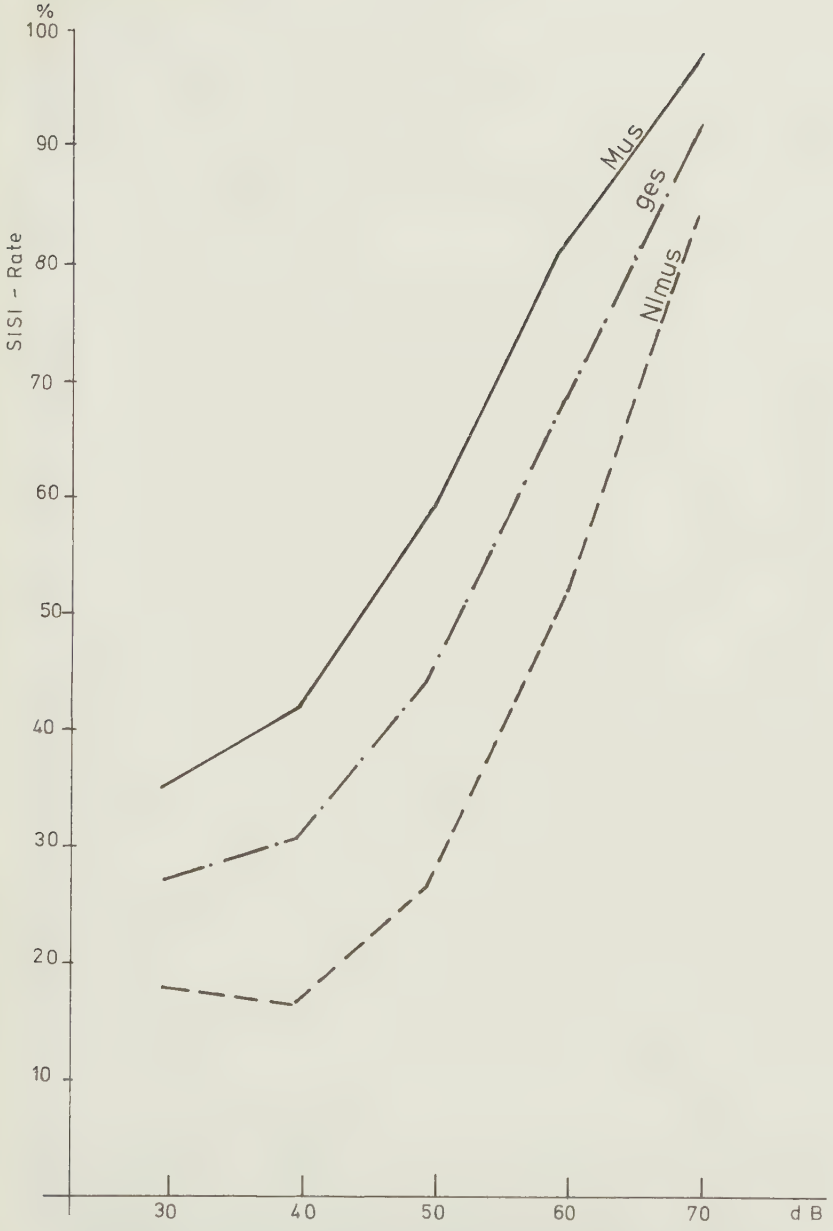


Abb. 5 Mittelwerte der SISI-Raten bei 2000 Hz in Abhängigkeit von der Schallstärke (Die Standardabweichungen sind aus Tabelle 1 zu entnehmen.)

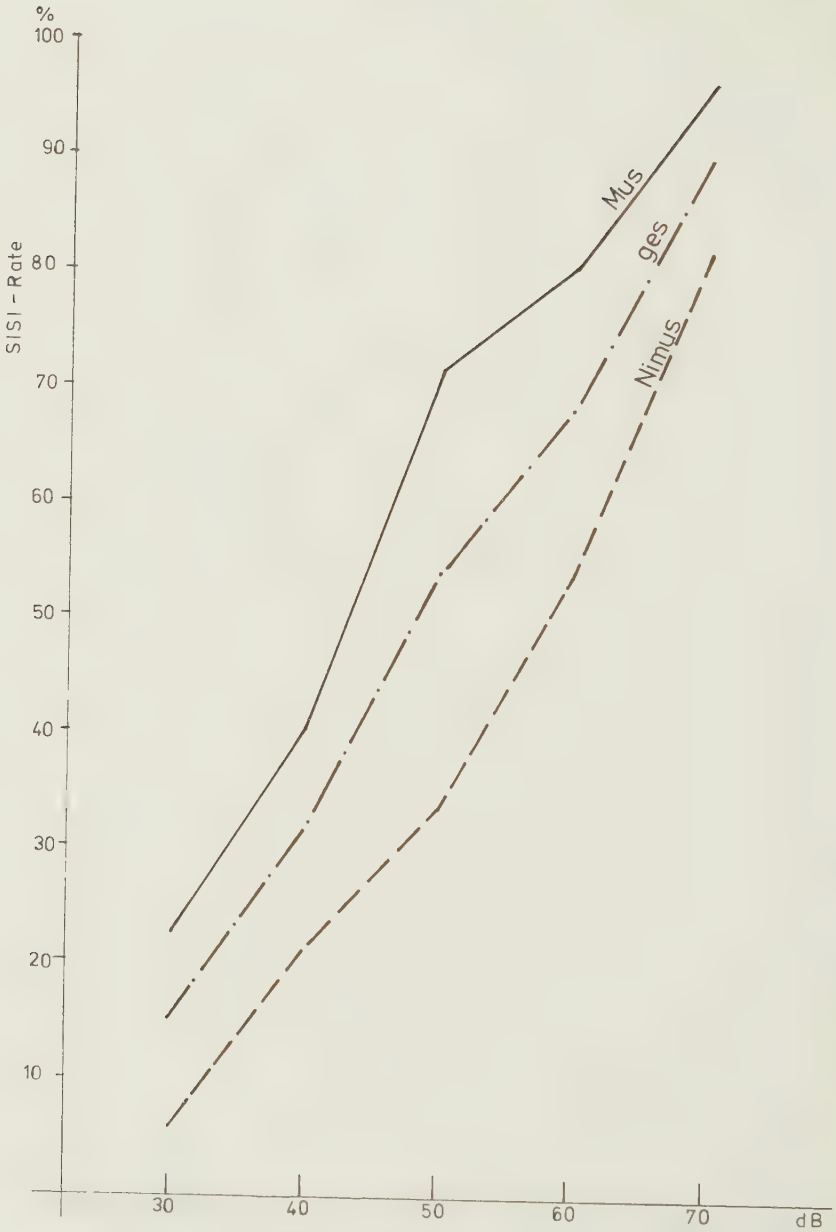


Abb. 6 Mittelwerte der SISI-Raten bei 4000 Hz in Abhängigkeit von der Schallstärke (Die Standardabweichungen sind aus Tabelle 1 zu entnehmen.)

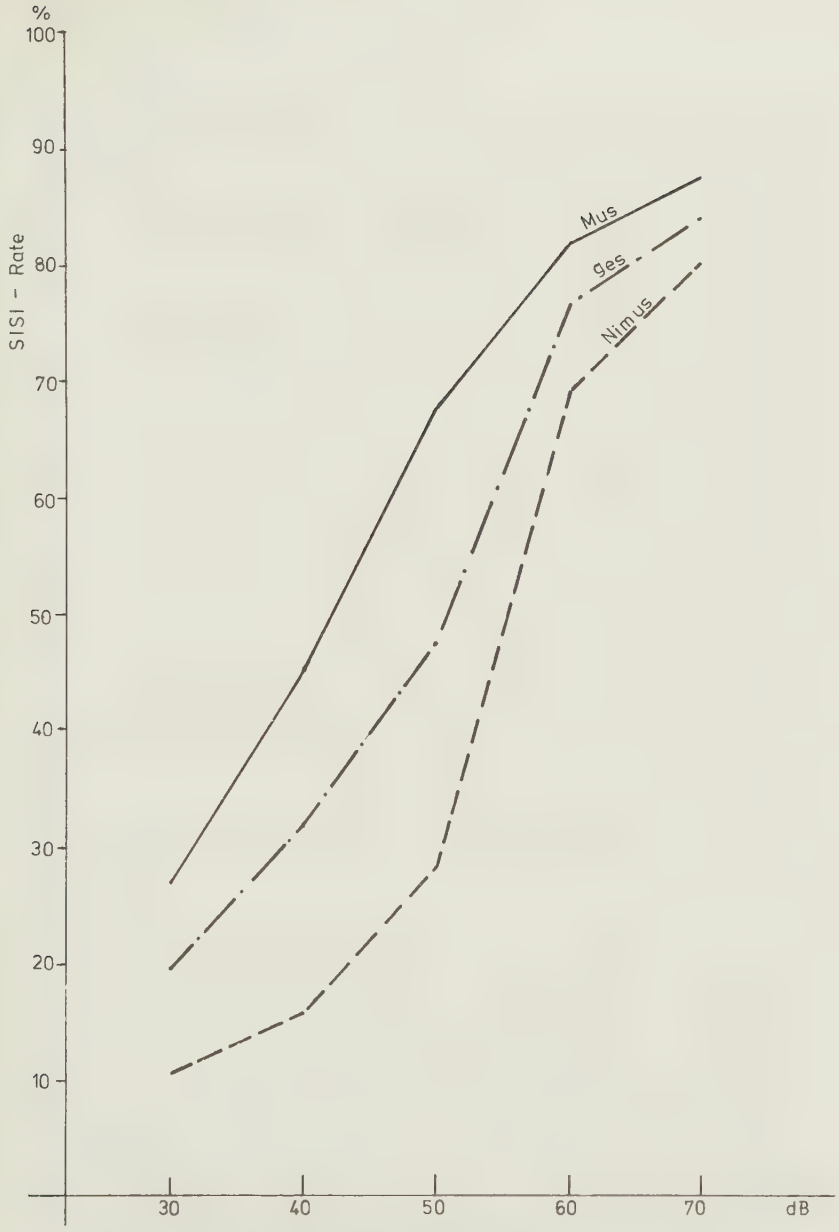


Abb. 7 Mittelwerte der SISI-Raten bei 8000 Hz in Abhängigkeit von der Schallstärke (Die Standardabweichungen sind aus Tabelle 1 zu entnehmen.)

denen Frequenzen die SISI-Raten in Abhängigkeit von der Lautstärke aufgetragen.
Der Anstieg der Werte mit zunehmender Intensität des Grundtons ist bei allen Frequenzen deutlich zu sehen; die höchsten Werte sind bei 2000 Hz und bei 4000 Hz zu finden, die niedrigsten bei 500 Hz und 1000 Hz. Bei 8000 Hz ist der Knick im Übergang von 60 dB(SL) zu 70 dB(SL) recht auffällig. Hier zeigt sich gute Übereinstimmung mit der subjektiven Meinung der Probanden zu der Frage, bei welcher Lautstärke sie die Impulse am besten gehört haben. 24 Versuchspersonen gaben hierfür 60 dB(SL) an (siehe Abb. 8), hingegen wurde der 70 dB(SL)-Ton meistens als unangenehm laut empfunden. 8000 Hz haben die weitaus meisten Versuchspersonen ohnehin als unangenehmste Frequenz bezeichnet. Die Abb. 8 zeigt den Zusammenhang zwischen der Schallstärke, bei der nach Meinung des Probanden das Impulserkennen am leichtesten fiel, und der Schallstärke mit dem besten Ergebnis. Wie oft sich jede Konstellation ergab, ist in das Diagramm eingetragen.
Die geringen Unterschiede der Intensitätsabhängigkeit in den einzelnen Frequenzen ist aus Abb. 9 ersichtlich.
Aus Abb. 10 ergeben sich schließlich die Durchschnittswerte aller Frequenzen. Eine konstante Zunahme der SISI-Rate bei ansteigender Grundintensität wird deutlich. Das widerspricht der Aussage von R i e s z, der 1928 die erste ausführliche Untersuchung des Intensitätsunterscheidungsvermögens Normalhöriger durchführte und fand, daß das Intensitätsunterscheidungsvermögen nur von 5 dB bis 50 dB zunimmt, während es danach konstand bleibt. S w i s h e r fand ebenfalls eine Konstanz zwischen 50 dB und 100 dB. Y a n t i s u. D e c k e r konnten in ihren Untersuchungen keinen signifikanten Unterschied der SISI-Rate bei Änderung der Prüfintensität nachweisen.

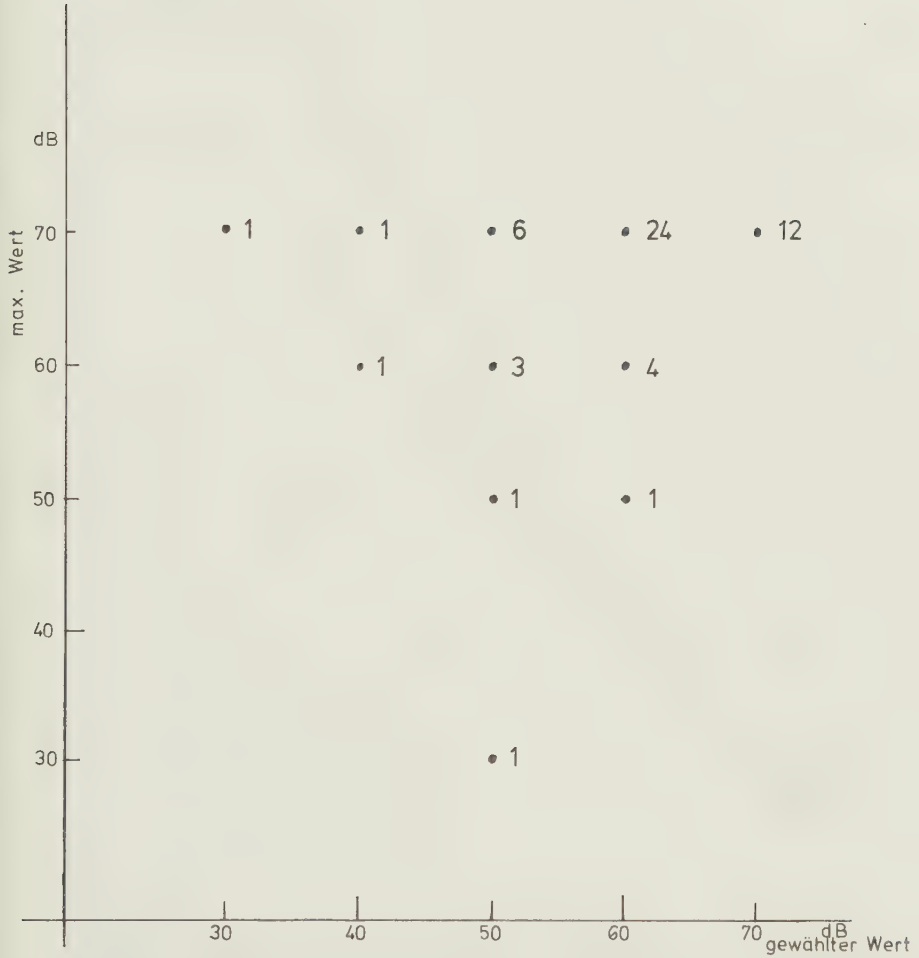


Abb. 8 Korrelation zwischen der Schallstärke, bei welcher die maximale SISI-Rate erreicht wurde und der Schallstärke, bei der es nach Meinung des Probanden am einfachsten war, die 1 dB-Impulse zu erkennen

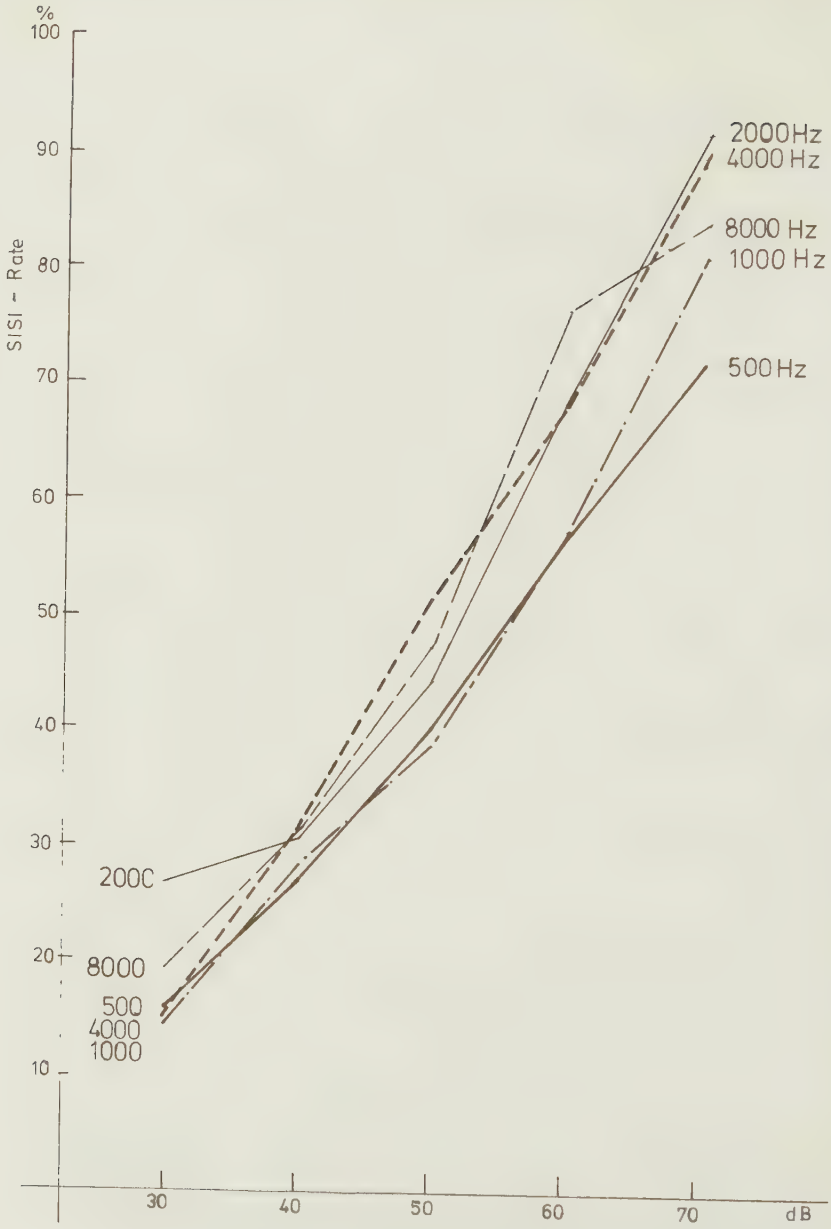


Abb. 9 Vergleich der in den Abbildungen 3-7 dargestellten SISI-Raten der Gesamtpopulation

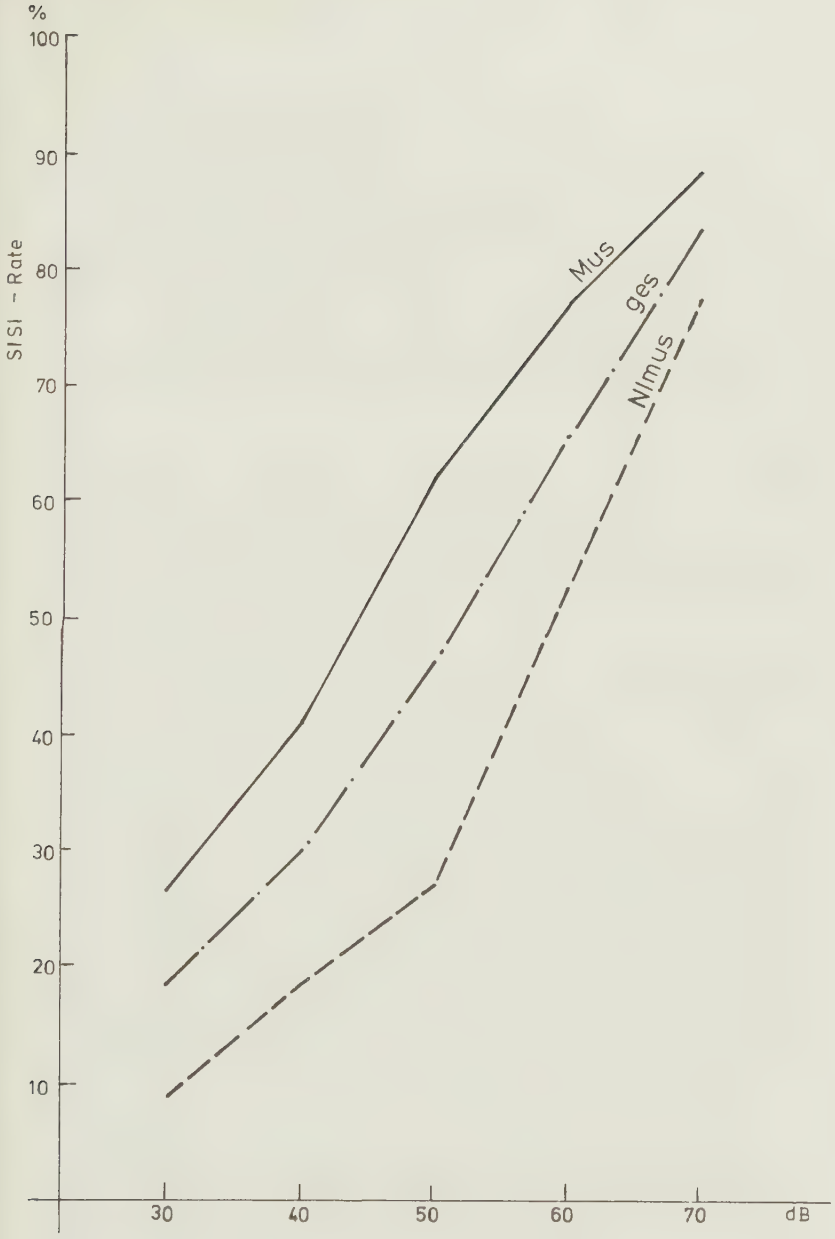


Abb. 10 Mittelwerte der SISI-Raten für die Durchschnittswerte der geprüften Frequenzen in Abhängigkeit von der Schallstärke (Die Standardabweichungen sind aus Tabelle 1 zu entnehmen.)

Brix (4); Eggermont u. Odenthal; Lehnhardt; Martin und Welleschik u. Wicke haben dagegen eine Intensitätsabhängigkeit der SISI-Rate festgestellt und auch Lüscher u. Zwislocki wiesen schon 1949 darauf hin, daß mit zunehmender Lautstärke die Intensitätsunterscheidungsschwelle rapide kleiner wird. Diese Aussagen stimmen auch mit den Kennlinien der inneren und äußeren Haarzellen überein.

Der von Byers; Lehnhardt; Welleschik; Young u. Harbert und Zöllner angegebene Wert von 60 dB, der vorausgesetzt werden muß, um den 1 dB-Unterschied heraushören zu können, muß allerdings als Durchschnittswert angesehen werden. Swisher fand die absolute Schwelle für das Erkennen eines Intensitätsunterschiedes von 1 dB bei 30 dB; bei 60 dB Grundintensität lag die Schwelle für das Erkennen von Schwankungen bei 0,5 dB. Hier findet sich ein deutlicher Hinweis, weshalb bei unseren Untersuchungen nur wenige Probanden in der Lage waren, bei 30 dB(SL) die 1 dB-Inkremente zu hören - es handelt sich in der Mehrzahl um musikalisch geübte Versuchsteilnehmer. Da auch die Konzentration und die geringen individuellen Unterschiede im Intensitätsunterscheidungsvermögen eine Rolle spielen, ist es ebenso verständlich, daß nicht alle Probanden ab 60 dB(SL) eine 100%-SISI-Rate erreichten.

Die Frequenzabhängigkeit der SISI-Rate

Der Einfluß der Frequenz auf das Intensitätsunterscheidungsvermögen ist stärker umstritten als der Einfluß der Grundintensität. W e l l e s c h i k u. W i c k e und Y o u n g u. H a r b e r t beschreiben das Intensitätsunterscheidungsvermögen als unbeeinflußt von der Frequenz, wobei sich die Angaben von Y o u n g u. H a r b e r t nur auf die Prüfintensität 45 dB(SL) beziehen. L e h n h a r d t spricht ebenfalls von einer weitgehenden Unabhängigkeit von der Frequenz, weist aber darauf hin, daß im Tieftonbereich die Ergebnisse erst ab 65-70% als eindeutig zu werten sind. Auf uncharakteristische SISI-Werte in diesem Bereich macht auch Z ö l l n e r aufmerksam. B l e g v a d; L ü s c h e r u. Z w i s l o c k i und M a r t i n beschreiben eine Frequenzabhängigkeit des Intensitätsunterscheidungsvermögens für niedrige Grundintensitäten, die aber schon oberhalb 40 dB(SL) nicht mehr nachzuweisen sei. J o h n s o n (2), R a h k o und Y a n t i s u. D e c k e r fanden eine von der Intensität unabhängige Frequenzabhängigkeit der SISI-Rate, wobei R a h k o und Y a n t i s u. D e c k e r eine Zunahme des Intensitätsunterscheidungsvermögens mit zunehmender Frequenz angeben.
R i e s z beschrieb 1928 die Differenzierungsfähigkeit des Ohres als Funktion von Frequenz und Intensität. Bei 2500 Hz konnte er das Optimum finden, das allerdings bei geringen Schallstärken deutlicher ausgeprägt ist als bei höheren. Er ordnet dieses Phänomen der Region der größten absoluten Sensitivität des Ohres zu. Für Intensitäten über 60 dB(SL) beschreibt er die Differenzierungsfähigkeit des Ohres als praktisch konstant.
B r u s i s und W e l l e s c h i k weisen auf den Summationseffekt in der Intensitäts- und Frequenzabhängigkeit der SISI-Rate hin, besonders bei Lärm-

schwerhörigkeit mit Schrägabfall der Tonschwellenkurve, wodurch im Tieftonbereich relativ niedrige Prüfintensitäten bei gleichzeitig niedriger Frequenz häufig zu einem negativen SISI-Testergebnis führen. In solchen Fällen wäre es falsch, aus dem negativen Befund auf das Fehlen eines Recruitments zu schließen. B r u s i s empfiehlt, eine Frequenz zu suchen, wo ein besseres Ergebnis zu erwarten sei.

In den Abbildungen 11-15 ist die SISI-Rate in Abhängigkeit von der Frequenz für die jeweilige Prüfintensität aufgetragen. Der Einfluß der Schallstärke wird deutlich. Bei 30 dB(SL) (Abb.11) finden sich die höchsten Werte bei 2000 Hz mit einem Abfall nach beiden Seiten, um nach 500 Hz und 8000 Hz hin wieder anzusteigen, was in etwa den Ergebnissen von R i e s z entspricht. Die Tiefpunkte der Kurve bei 1000 Hz und 4000 Hz entsprechen dem 5-sec-Takt und die Kurvengipfel bei 500 Hz, 2000 Hz und 8000 Hz dem 3-sec-Takt, d.h. die SISI-Rate liegt bei rascherer Impulsfolge angedeutet höher. Dieser Effekt wird nur in Schwellennähe sichtbar. Bei 40 dB(SL) (Abb.12) ist insgesamt ein leichter Anstieg der SISI-Rate zu sehen, ab 4000 Hz horizontaler Verlauf. Noch deutlicher wird dieses Ansteigen bei 50 dB(SL) (Abb.13); auffällig ist der Kurventiefpunkt bei 1000 Hz. Die 60 dB(SL)-Kurve (Abb.14) zeigt einen ähnlichen Verlauf; zwischen 500 Hz und 1000 Hz und zwischen 2000 Hz und 4000 Hz bleiben die Meßwerte nahezu konstant, steigen von 1000 Hz auf 2000 Hz und von 4000 Hz auf 8000 Hz dagegen steil an. Bei 70 dB(SL) (Abb.15) findet sich analog zur 30 dB(SL)-Kurve wieder ein Gipfel bei 2000 Hz mit Abfall nach beiden Seiten, der zum Tieftonbereich hin mehr ausgeprägt ist; auch findet sich kein erneuter Anstieg bei 500 bzw. 8000 Hz. Bei der Schallstärke 70 dB(SL) muß allerdings berücksichtigt werden, daß sie den Versuchsteilnehmern bei 4000 Hz und 8000 Hz besonders unangenehm war.

Abb. 11 Mittelwerte der SISI-Raten bei 30 dB in Abhängigkeit von der Frequenz (Die Standardabweichungen sind aus Tabelle 1 zu entnehmen.)

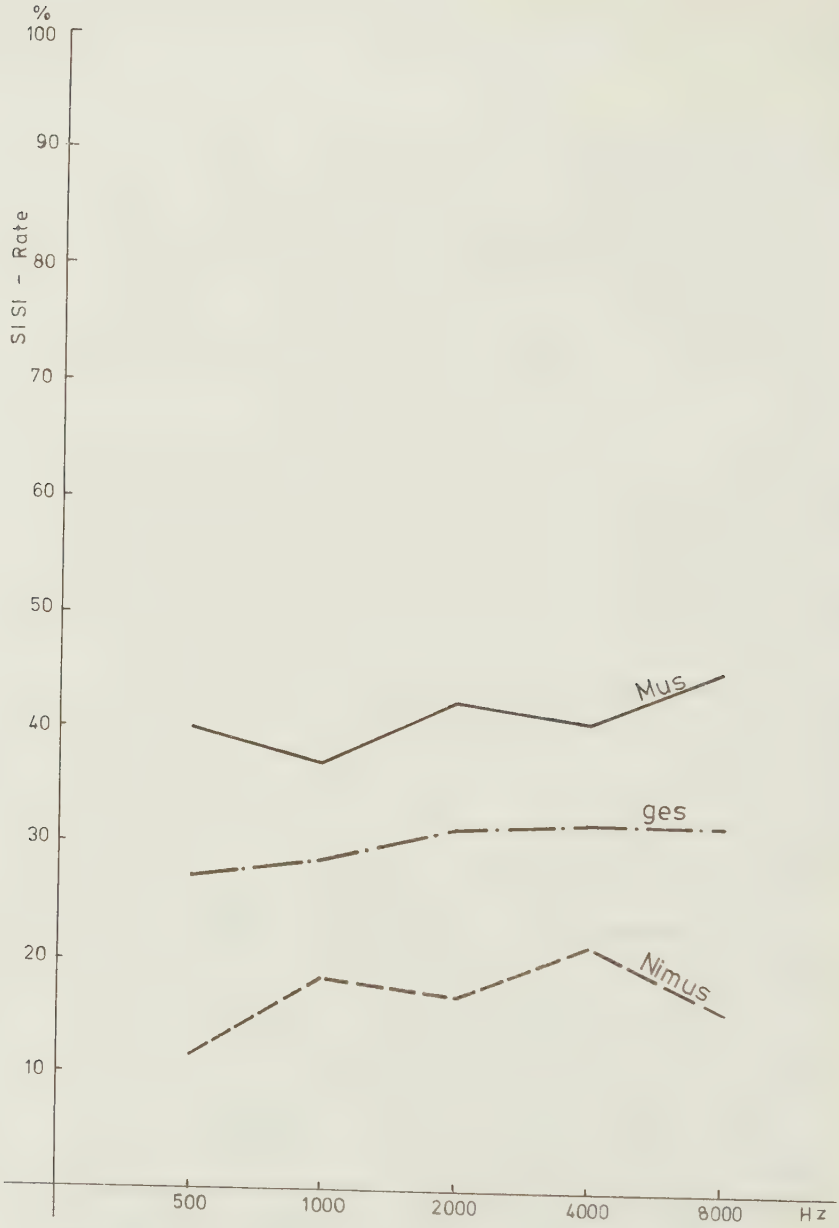


Abb. 12 Mittelwerte der SISI-Raten bei 40 dB in Abhängigkeit von der Frequenz (Die Standardabweichungen sind aus Tabelle 1 zu entnehmen.)

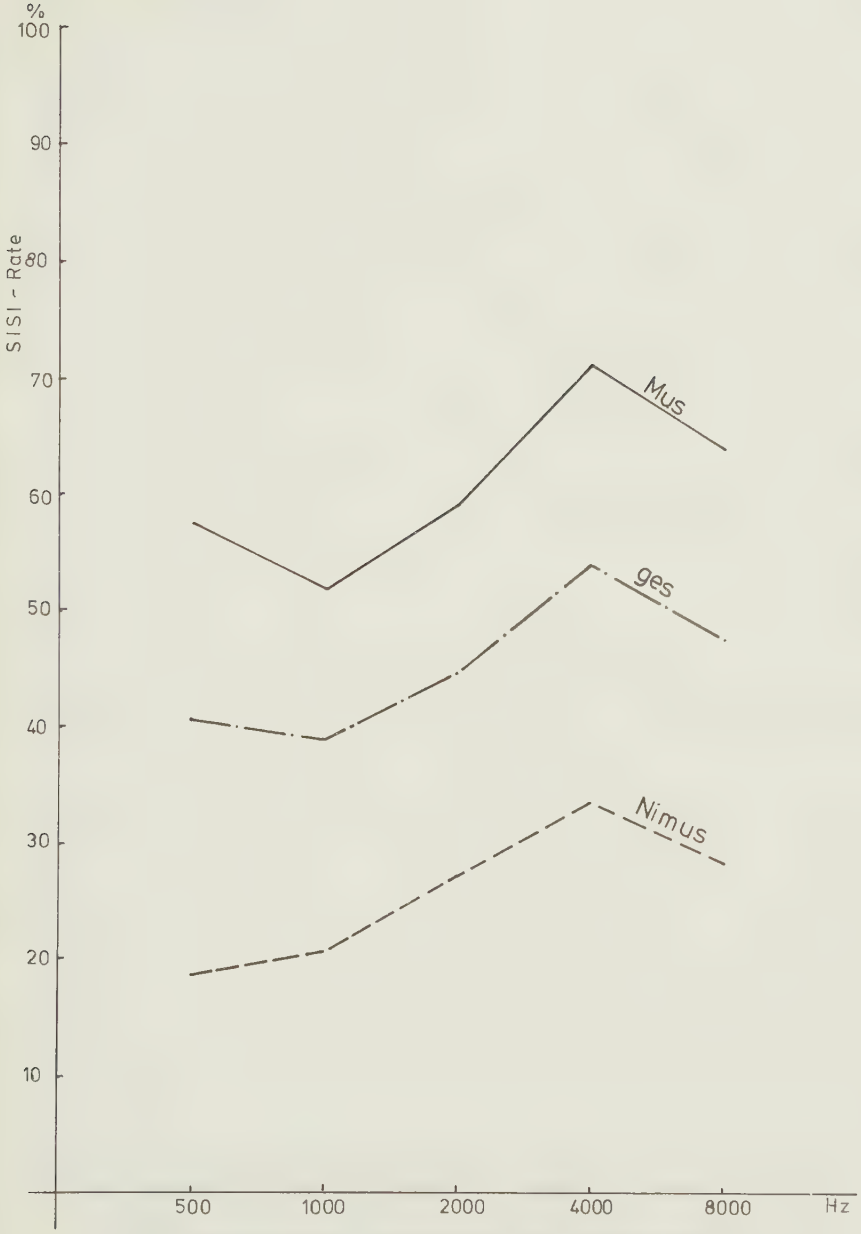


Abb. 13 Mittelwerte der SISI-Raten bei 50 dB in Abhängigkeit von der Frequenz (Die Standardabweichungen sind aus Tabelle 1 zu entnehmen.)

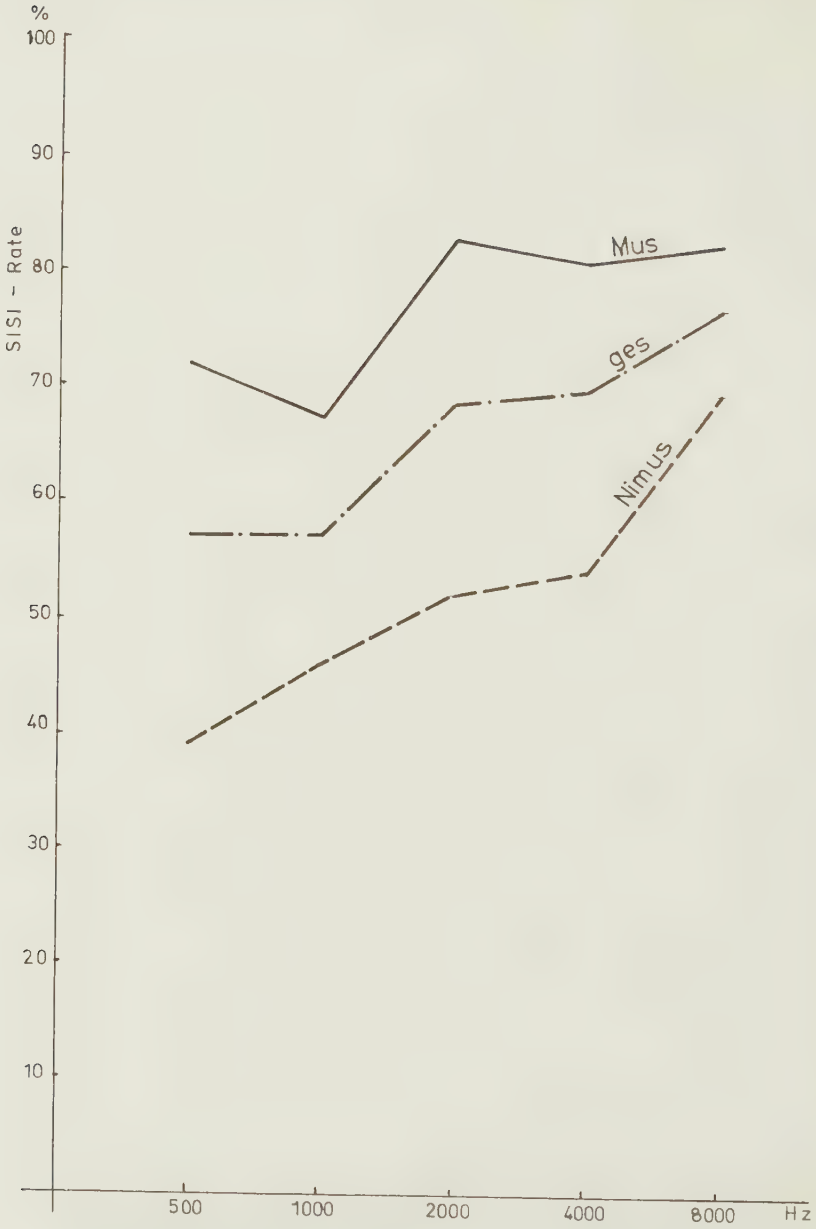


Abb. 14 Mittelwerte der SISI-Raten bei 60 dB in Abhängigkeit von der Frequenz (Die Standardabweichungen sind aus Tabelle 1 zu entnehmen.)

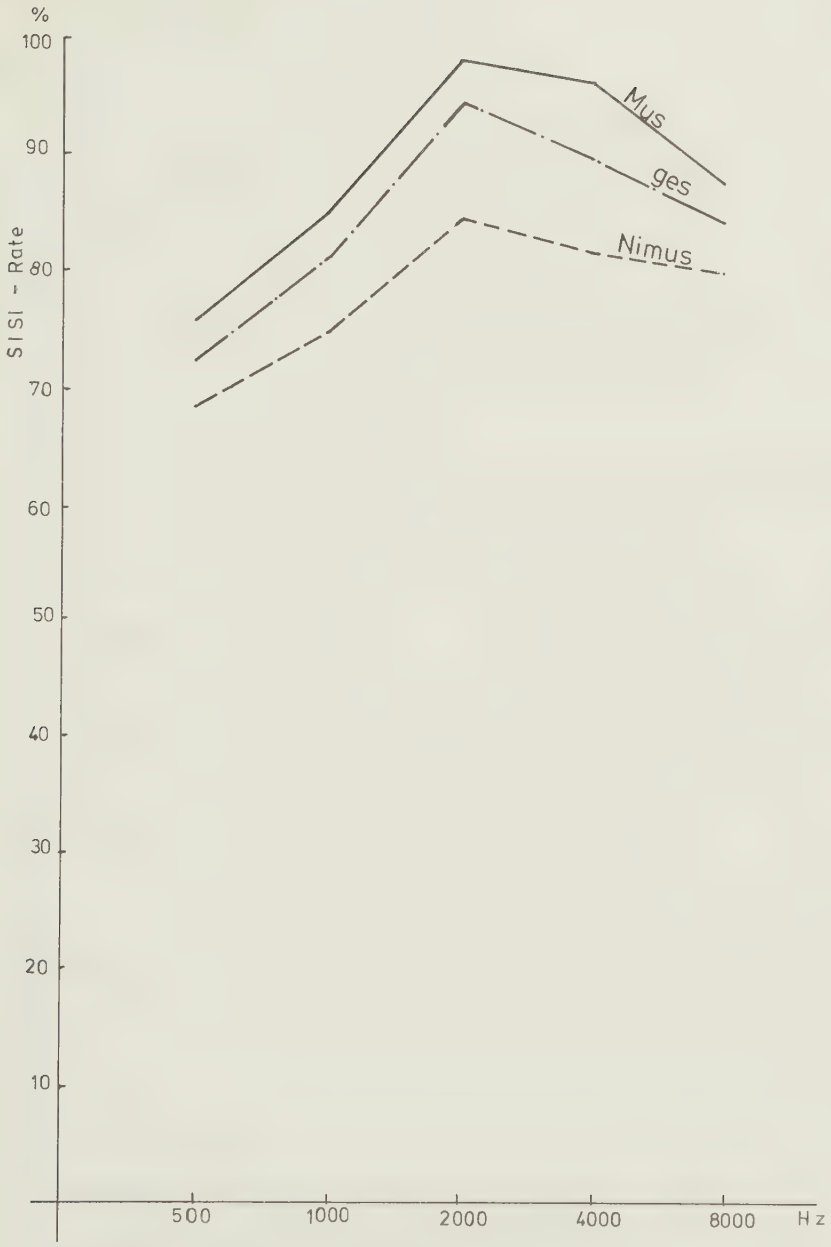


Abb. 15 Mittelwerte der SISI-Raten bei 70 dB in Abhängigkeit von der Frequenz (Die Standardabweichungen sind aus Tabelle 1 zu entnehmen.)

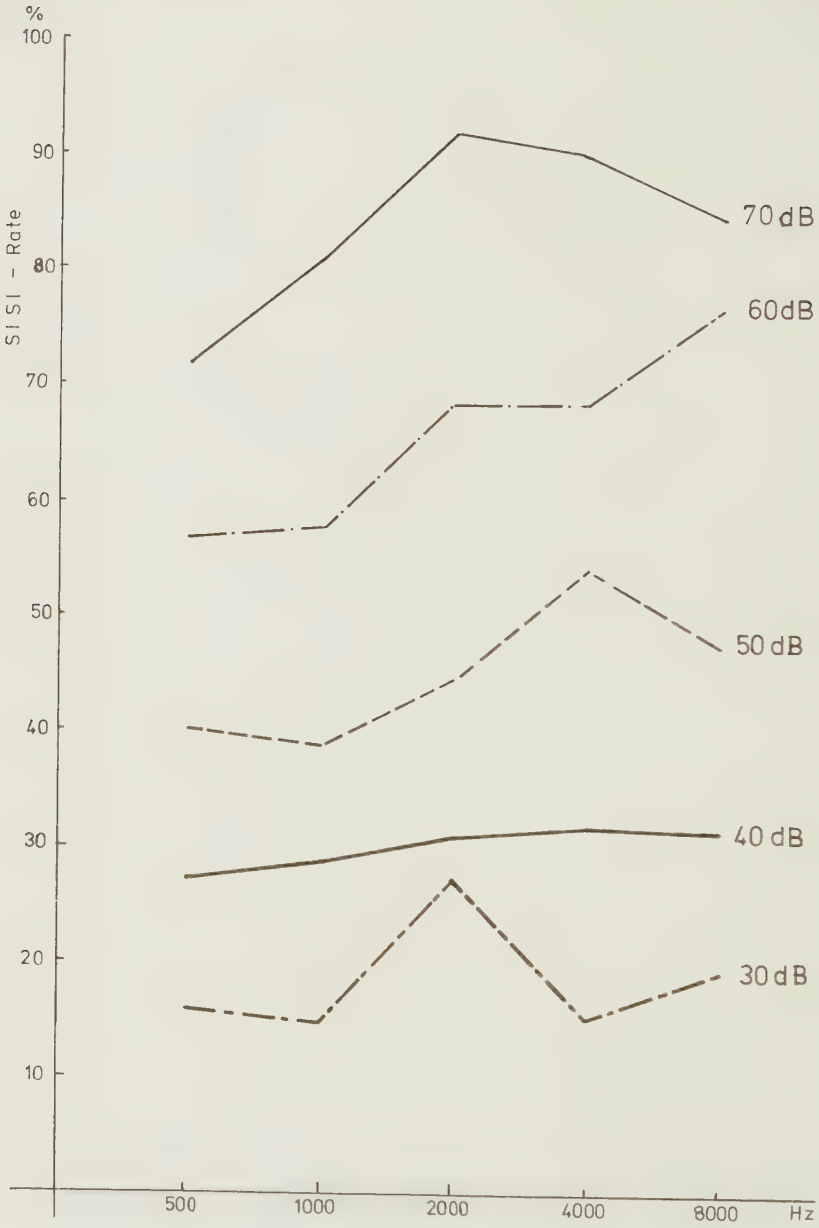


Abb. 16 Gegenüberstellung der in den Abbildungen 11-15 dargestellten SISI-Raten der Gesamtpopulation

Abb. 16 zeigt die unterschiedlichen Kurvenverläufe in ihrer Gesamtheit. Der Einfluß der Grundintensität auf die SISI-Rate ist nicht zu übersehen. Ein Anstieg der Werte mit steigender Frequenz ist ebenfalls angedeutet, wenn sich auch für gewisse Unstetigkeiten in den Kurvenverläufen keine Gesetzmäßigkeiten erkennen lassen. Eine Abnahme der Frequenzabhängigkeit mit zunehmender Prüfintensität muß verneint werden; bei 40 dB(SL) findet sich als einzige Lautstärke eine weitgehende Konstanz der Meßwerte.
In Abb.17 sind die Durchschnittswerte aller Prüfintensitäten dargestellt. Die Frequenzabhängigkeit der SISI-Rate zwischen 500 Hz und 2000 Hz wird deutlich. Von 2000 Hz bis 8000 Hz bleibt sie dagegen konstant.

Bei der Eigeneinschätzung der Versuchsperson (Abb.18) bei welcher Intensität sie die Inkremente am besten hören kann, wird häufig ein Ton im mittleren Frequenzbereich gewählt, obwohl der Maximalwert im höheren Bereich liegt. Dies beruht vermutlich darauf, daß die hohen Frequenzen als unangenehm empfunden werden.

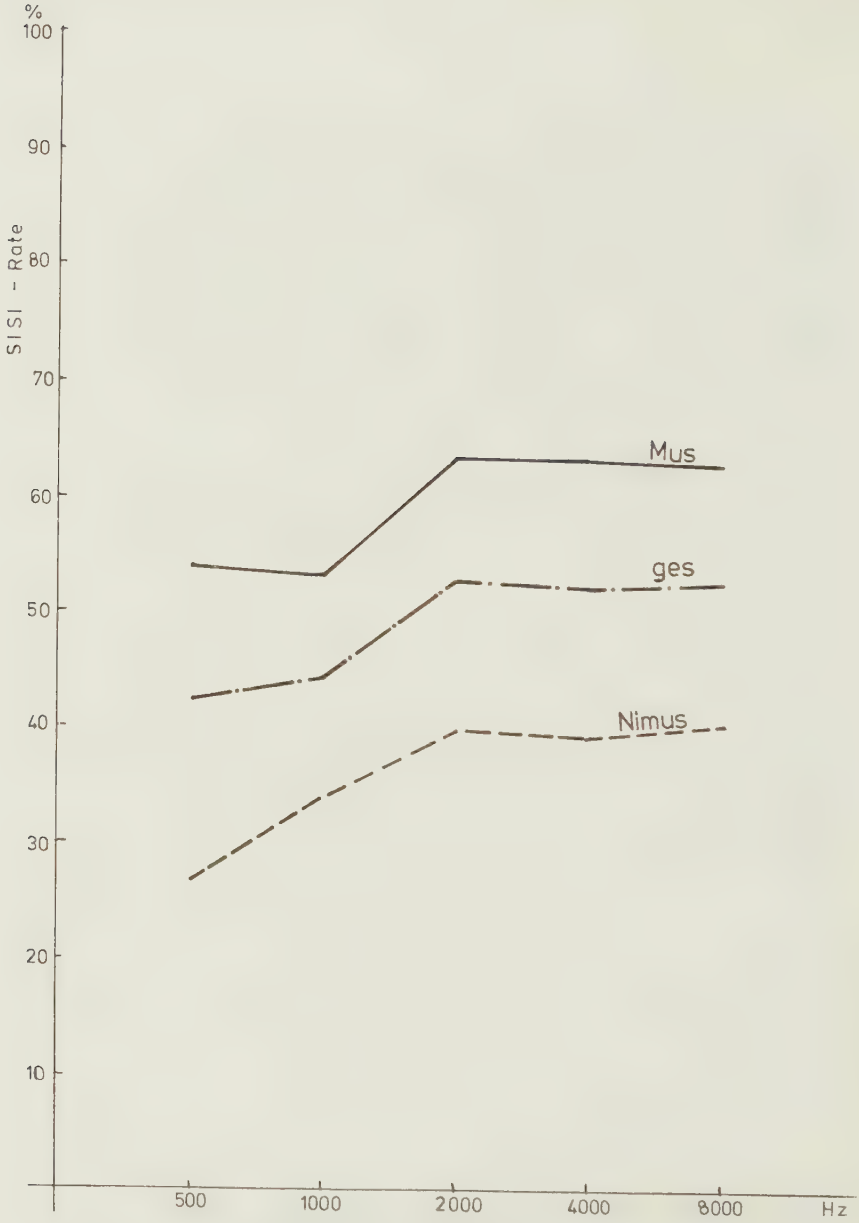


Abb. 17 Mittelwerte der SISI-Raten für die Durchschnittswerte der geprüften Schallstärken in Abhängigkeit von der Frequenz (Die Standardabweichungen sind aus Tabelle 1 zu entnehmen.)

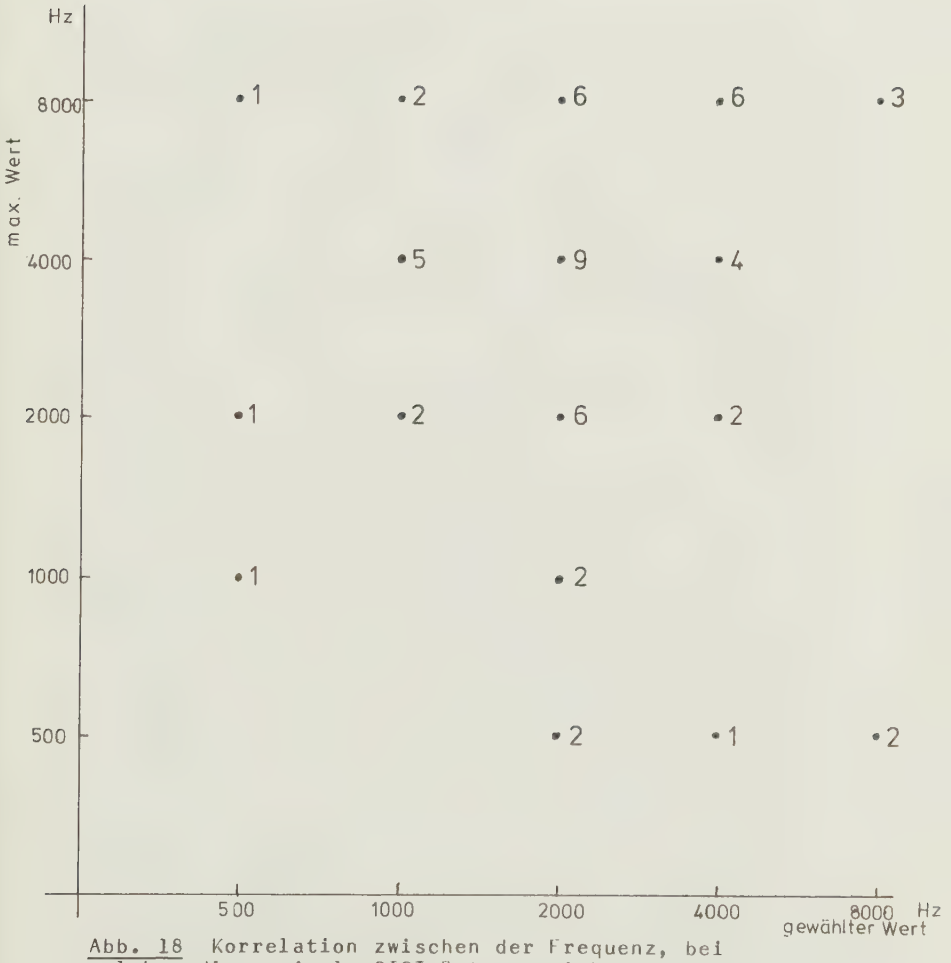


Abb. 18 Korrelation zwischen der Frequenz, bei welcher die maximale SISI-Rate erreicht wurde und der Frequenz, bei der es nach Meinung des Probanden am einfachsten war, die 1 dB-Impulse zu erkennen

Die Fähigkeit der Probanden, den dargebotenen Rhythmus zu erlernen

B r i x (5) weist in seiner Kritik des SISI-Tests auf eine hohe Rate von 40-50% "falsch-positiver" Antworten hin, die er auf den, in der Vortestung gelernten, Rhythmus zurückführt. Ähnlich äußern sich O w e n s, der darüber berichtet, daß viele seiner Patienten den Rhythmus schnell zu erkennen scheinen, und F r i t z e, der das Ergebnis des SISI-Tests durch den Rhythmus erheblich beeinflußt sieht. F r i t z e lehnt jeglichen Rhythmus in der Anbietung als methodischen Fehler statistischer Verfahren ab.
Demgegenüber ist die von B r i x (1) in der Beschreibung seines objektiven Frequenz-Dekrement-Tests (OFDT) angeführte Rolle der Erwartungssituation zu beachten. Da er die Intervalle zwischen den Testreizen zufällig variieren ließ, mußte er durch optische Reize zusätzlich eine Erwartungssituation herstellen. Aus seiner Arbeit über die objektive Durchführung des SISI-Tests - mit regulären Reizabständen - durch Objektivierung der Antworten im EEG, folgert B r i x (2), daß im normalen SISI-Test vor jeder Änderung der Intensität ein Erwartungspotential als objektives Zeichen für die Erwartung des nächsten Inkrements erscheint; das heißt, daß durch den Rhythmus auch eine optimale Erwartungssituation hergestellt wird.
B r u s i s, der seinen Probanden den SISI-Test mit unregelmäßig statistisch erscheinenden Impulsen anbot, hat nur sehr selten falsch positive Antworten gefunden; Scheinantworten verrieten sich durch eine längere Latenzzeit, da die Reaktionszeit Hören-Erkennen-Reagieren kurz und konstant ist. Er berichtet allerdings über relativ häufige "falsch-negative" Ergebnisse, d.h. niedrige SISI-Raten, obwohl ein Kochleaschaden vorliegt.

In den Vorversuchen berichten Probanden darüber, daß sie viel aufmerksamer zuhörten, wenn sie eine Tonänderung erwarteten, als wenn dies nicht der Fall war.
Mit den Rhythmusversuchen sollte untersucht werden, inwieweit der Versuchsteilnehmer in der Lage ist, nach Vorgabe von 10 Impulsen den Rhythmus richtig wiederzugeben, und ob sich diese Fähigkeit ändern würde, wenn der Rhythmus-Versuch im Anschluß an den gesamten Versuchsablauf wiederholt wird. Auch hier wurde wieder der von J e r g e r et al. beschriebene 5-sec-Takt und der 3-sec-Takt verwendet. Der Versuch lief so ab, daß dem Probanden zunächst einmal 10 deutlich hörbare Impulse vorgegeben wurden, danach war der Ton abgeschaltet, der Proband aber mußte den jeweiligen Takt weiterhin in die Taste eingeben, so gut es ihm möglich war. Im Zählwerk ergab sich dann, wie oft die Versuchsperson innerhalb der Auswertungszeit die Taste gedrückt hatte. Beim 5-sec-Takt betrug die Auswertungszeit 50 sec und beim 3-sec-Takt nur 30 sec. Das Ergebnis war optimal, wenn der Proband genau 10 mal gedrückt hat, denn in diesem Fall können wir sagen, daß der Rhythmus exakt eingehalten wurde. Doch wenn wir gerecht sein wollen, dürfte der Rhythmus auch dann noch - zumindest weitgehend - exakt angegeben worden sein, wenn die Anzahl der gedrückten Takte 9 oder 11 beträgt. So minimale Zeitunterschiede, die im Zählwerk einen Takt zuviel oder zuwenig bewirken, können schon allein durch die individuelle Reaktionszeit hervorgerufen sein.
Es sollen zunächst die Ergebnisse der gesamten Versuchsgruppe betrachtet werden (Abb. 19 und 20). Aufgetragen ist die Anzahl der Probanden in Prozent, bei der sich eine bestimmte Taktzahl ergeben hat. Dabei wird noch unterschieden, ob es sich um die Messung am Versuchsanfang oder am Ende handelt.
Völlig exakt (10 Takte) konnten beim 5-sec-Takt 20% der Versuchspersonen reproduzieren, im 3-sec-Takt hin-

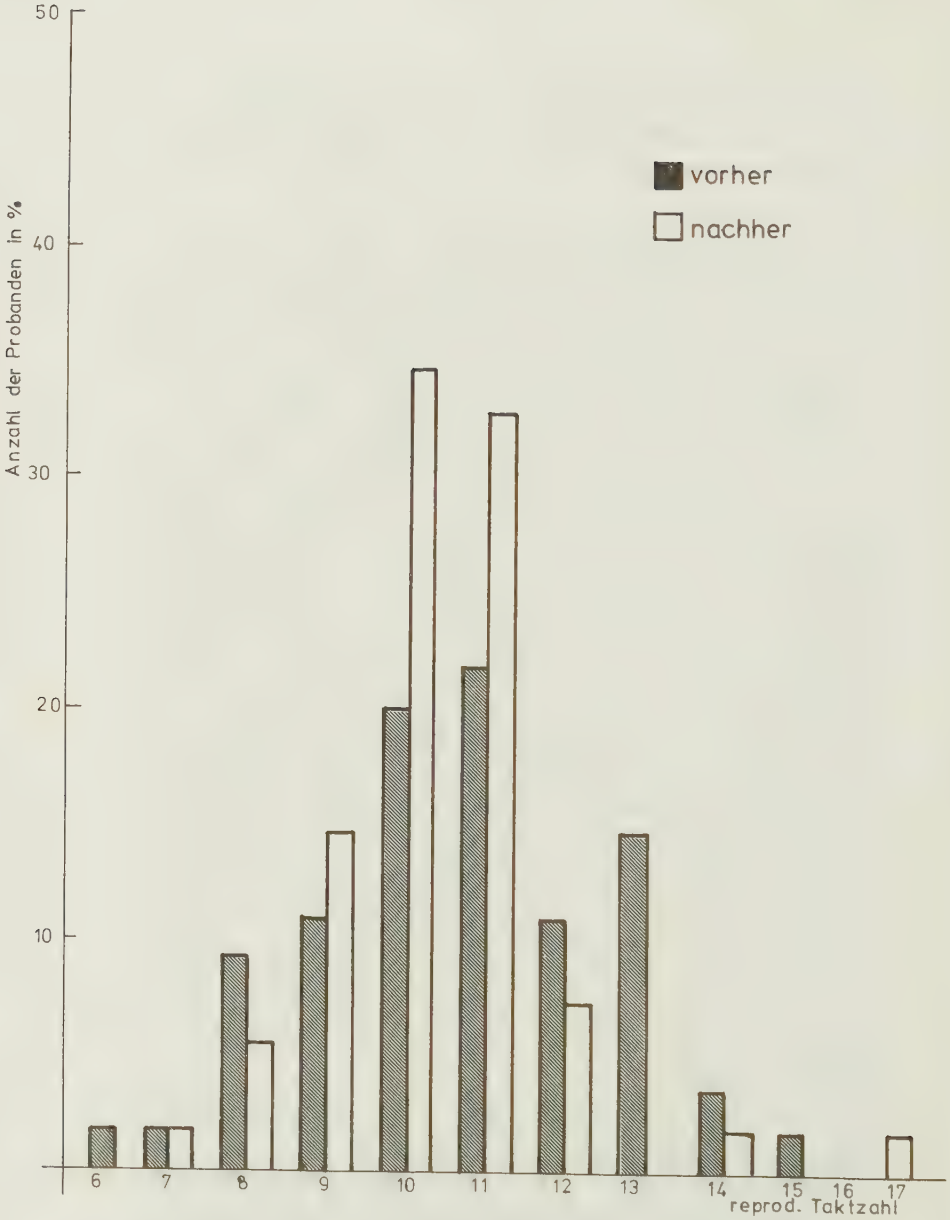


Abb. 19 Anzahl der Gesamtpopulation (in %) in Abhängigkeit von der reproduzierten Taktzahl für den 5-sec-Takt (Es wird unterschieden zwischen erreichten Werten vor dem Hauptversuch und solchen danach.)

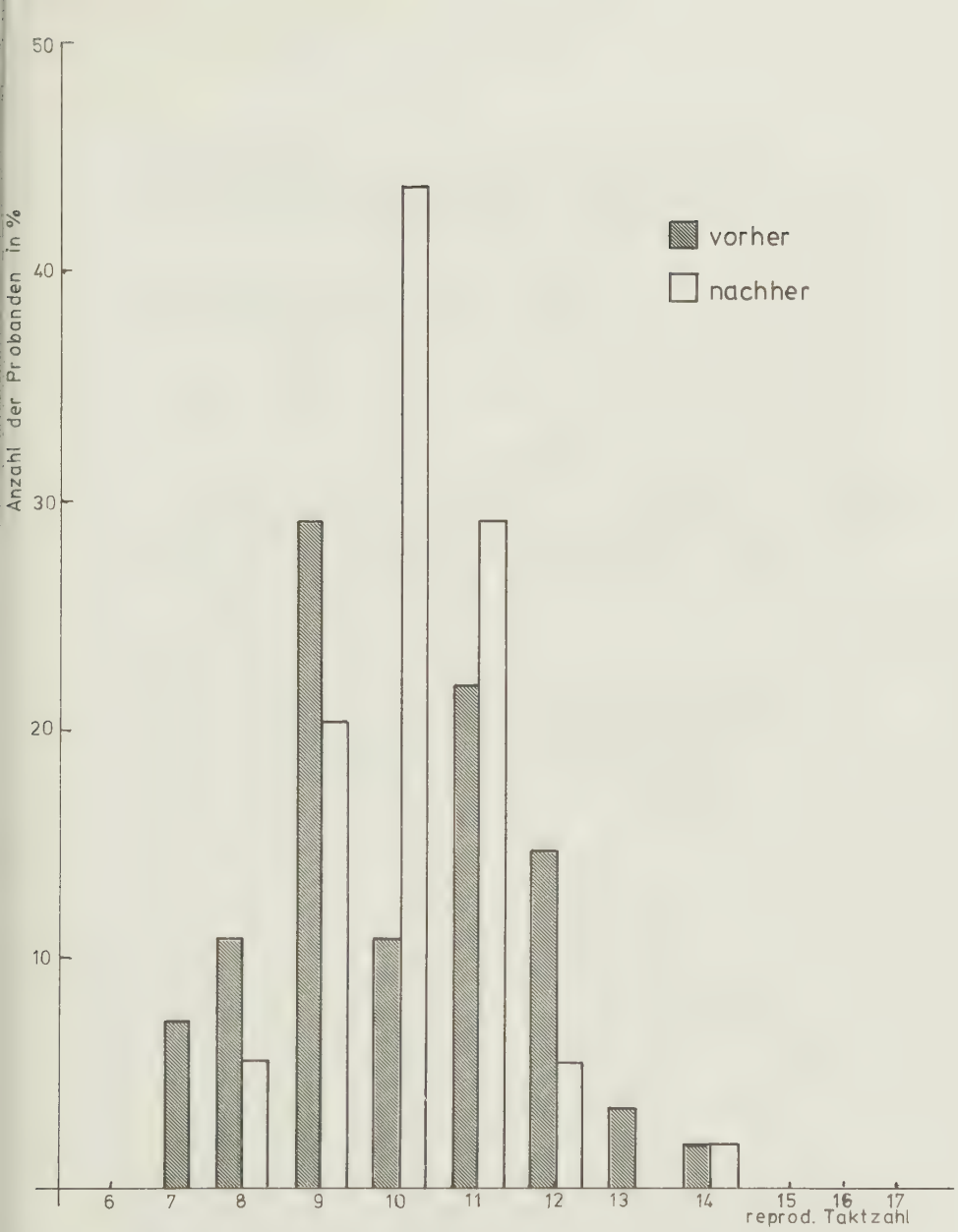


Abb. 20 Anzahl der Gesamtpopulation (in %) in Abhängigkeit von der reproduzierten Taktzahl für den 3-sec-Takt)

gegen nur 10,9%. Wenn wir aber 9 und 11 Takte auch noch als "exakt reproduziert" ansehen, so liegen die Werte wesentlich höher, nämlich 52,7% beim 5-sec-Takt und 61,8% beim 3-sec-Takt. Diese Werte gelten für die Untersuchung am Anfang. Am Ende lagen sie deutlich noch höher: 81,9% für 5 sec und 92,7% für 3 sec. Am Ende der Untersuchung ergaben sich auch für "exakt 10 Takte" bessere Werte, 34,6% im 5-sec-Takt und 43,6% im 3-sec-Takt.
Der 5-sec-Takt kann anfänglich zwar besser reproduziert werden, wird aber nicht so gut gelernt. Umgekehrt wird der 3-sec-Takt anfänglich schlechter reproduziert, dafür aber besser gelernt. Aus diesen Ergebnissen lassen sich jedoch keine Vorteile oder Nachteile für eine der beiden Zeitfolgen ableiten.

Die unterschiedlichen Ergebnisse der musikalisch geübten und der ungeübten Versuchspersonen sind in den Abbildungen 23-26 dargestellt und werden später besprochen.

Die Schwelle, ab der ein Normalhörender im SISI-Test ähnlich reagiert wie der kochleär Schwerhörige

Die SISI-Rate Normalhöriger wird mit 0-20% (H u g h e s; Y a n t i s u. D e c k e r) bzw. 0-30% (J e r g e r, A l l e n, R o b e r t s o n u. H a r f o r d) angegeben. Die Grenze, ab der ein positiver SISI-Wert zu erwarten ist, fanden B r u s i s und W e l l e s c h i k u. W i c k e bei 40 dB(SL), B r i x (2) und O w e n s bei 50 dB(SL). Y o u n g u. H a r b e r t berichten, daß von trainierten Normalhörigen ab 45 dB(SL) eine SISI-Rate von mindestens 65% erreicht wurde; diese Ergebnisse waren für alle Frequenzen gleich.

Abb.21 zeigt die Abhängigkeit des positiven SISI-Tests von der Intensität; als positiv wurden SISI-Raten von 70-100% gewertet. Die Kurve zeigt eine Ähnlichkeit mit dem Verlauf der SISI-Rate in Abhängigkeit von der Schallstärke bei 2000 Hz (Abb.5), wenn es sich auch in Abb.21 um die Durchschnittswerte aller Frequenzen handelt. - Die Werte für die einzelnen Frequenzen sind aus Tabelle 2 zu entnehmen. - Der Unterschied zwischen den Ergebnissen musikalisch geübter und ungeübter Probanden kommt hier sehr deutlich zum Ausdruck. So konnten bei 50 dB(SL) 56% der geübten Gruppe 70% oder mehr erreichen, während es bei der ungeübten Gruppe nur 16,8% waren. Erst bei 70 dB(SL) ist eine weitgehende Gleichheit der Ergebnisse beider Gruppen zu finden; hier erzielten 88,0% der Musiker-Gruppe und 79,2% der Nicht-Musiker-Gruppe positive SISI-Werte, so daß beim Normalhörigen die Schwelle für "SISI-positiv" - wenn der Faktor "Training" ausgeschlossen werden soll - bei 70 dB(SL) gesehen werden sollte. Musikalisch geübte Probanden erreichen diese Grenze schon ab 60 dB(SL).

In Abb.22 ist der positive SISI-Wert beim Normalhörigen in Abhängigkeit von der Frequenz dargestellt; es

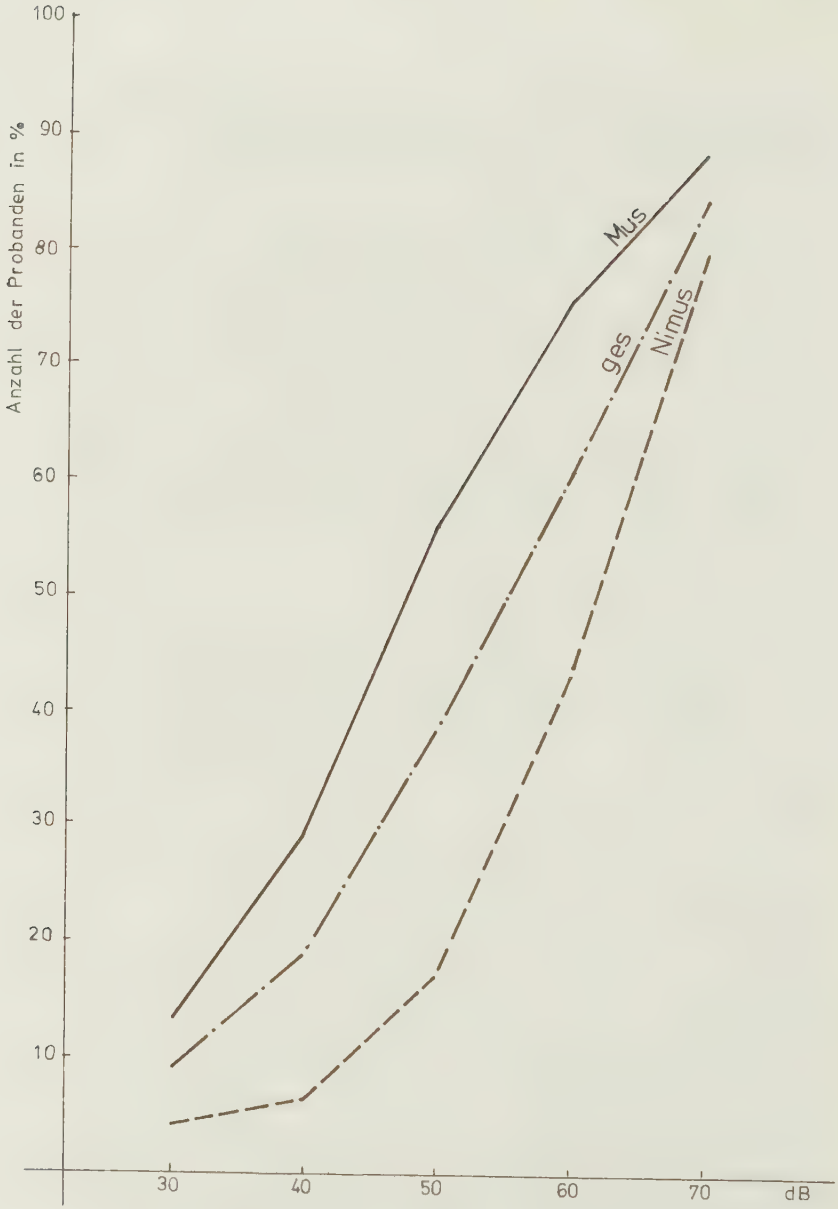


Abb. 21 Anteil der Probanden, die SISI-Raten von 70-100% erreicht haben, in Abhängigkeit von der Schallstärke (Es handelt sich um die Durchschnittswerte der geprüften Frequenzen.)

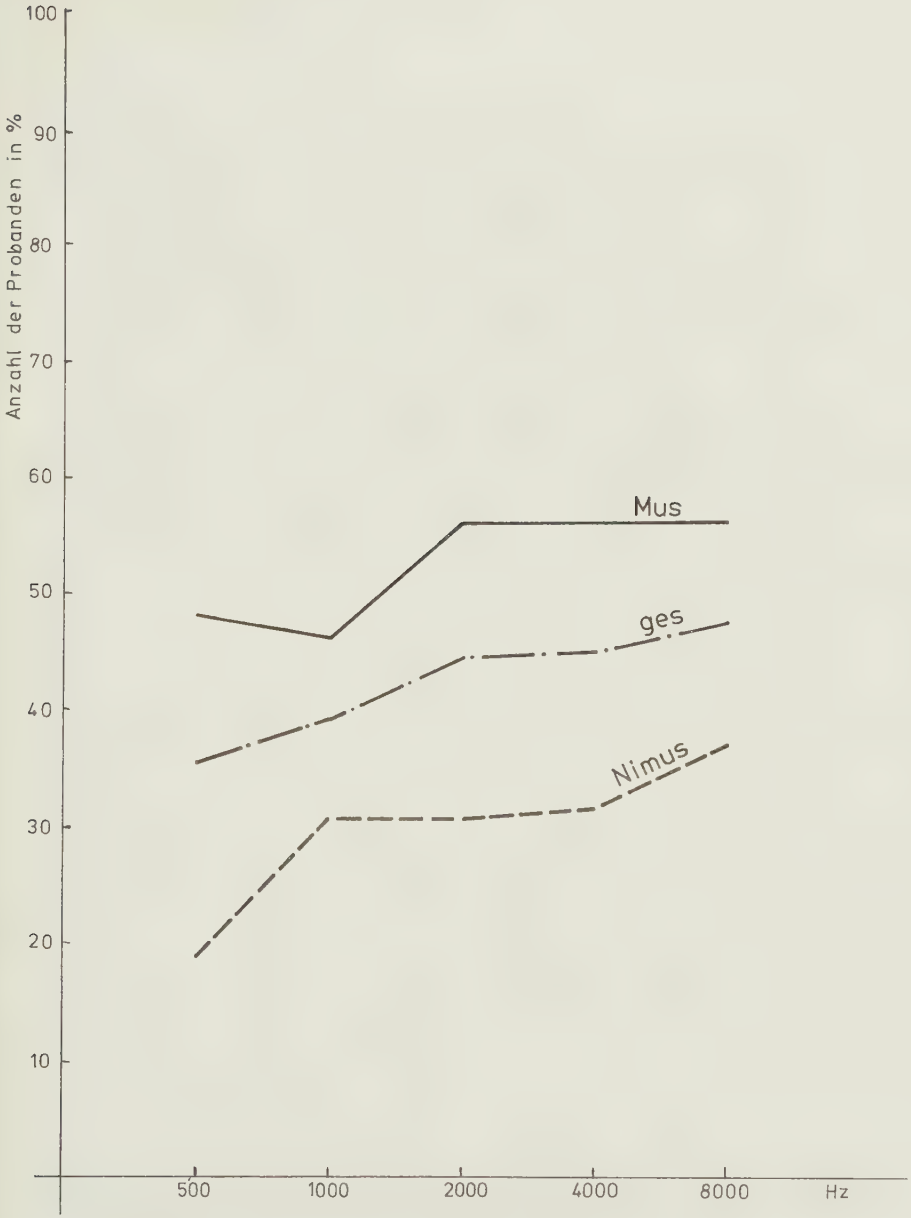


Abb. 22 Anteil der Probanden, die SISI-Raten von 70-100% erreicht haben, in Abhängigkeit von der Frequenz (Es handelt sich um die Durchschnittswerte der geprüften Schallstärken.)

		500 Hz		1000 Hz		2000 Hz		4000 Hz		8000 Hz		Ø 500-8000 Hz
		abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	%
30 dB	ges	5	9,1	3	5,5	8	14,6	2	3,6	7	12,7	9,1
	Mus	5	16,7	3	10,0	5	16,7	2	6,7	5	16,7	13,4
	Ni-M	0	0,0	0	0,0	3	12,0	0	0,0	2	8,0	4,0
40 dB	ges	8	14,6	10	18,2	11	20,0	11	20,0	12	21,8	18,9
	Mus	8	26,7	8	26,7	10	33,3	9	30,0	9	30,0	29,4
	Ni-M	0	0,0	2	8,0	1	4,0	2	8,0	3	12,0	6,4
50 dB	ges	18	32,7	18	32,7	19	34,6	25	45,5	25	45,5	36,2
	Mus	15	50,0	14	46,7	15	50,0	20	66,7	20	66,7	56,0
	Ni-M	3	12,0	4	16,0	4	16,0	5	20,0	5	20,0	16,8
60 dB	ges	28	50,9	31	56,4	33	60,0	35	63,6	40	72,7	60,7
	Mus	22	73,3	19	63,3	24	80,0	24	80,0	24	80,0	75,3
	Ni-M	6	24,0	12	48,0	9	36,0	11	44,0	16	64,0	43,2
70 dB	ges	39	70,9	45	81,8	51	92,7	50	90,9	46	83,6	84,0
	Mus	22	73,3	25	83,3	30	100,0	29	96,7	26	86,7	88,0
	Ni-M	17	68,0	20	80,0	21	84,0	21	84,0	20	80,0	79,2
Ø 30-70 dB	ges		35,6		38,9		44,4		44,7		47,3	
	Mus		48,0		46,0		56,0		56,0		56,0	
	Ni-M		20,8		30,4		30,4		31,2		36,8	

Tabelle 2 Anteil der Probanden, die SISI-Raten von 70-100% erreichten (Angaben in Absolut- und Prozentwerten)

handelt sich hier um die Durchschnittswerte aller Prüfintensitäten, die Einzelwerte sind aus Tabelle 2 zu entnehmen. Die von Y o u n g u. H a r b e r t beschriebene Gleichheit der Ergebnisse für alle Frequenzen ist erst ab 2000 Hz zu finden. Unterhalb von 2000 Hz fallen die Werte ab, d.h. daß der Tieftonbereich auch unabhängig von der Lautstärke niedrigere Werte aufweist.
Der SISI-Test sollte daher in diesem Bereich besonders kritisch betrachtet werden, da bei einer Lärmschwerhörigkeit für tiefe und mittlere Frequenzen fast immer auch geringere Hörverluste vorliegen und sich so beide Einflußquellen summieren.

Unterschiede zwischen musikalisch geübten und ungeübten Probanden

Aus allen bisher gezeigten Abbildungen ist ersichtlich, daß die trainierten Probanden stets bessere Werte erzielten als die untrainierten. Daß sich dieser Vorteil aber nur auf die Fähigkeit bezieht, die Unebenheit im Tonverlauf zuverlässiger zu erkennen, dagegen nicht auf das Zeit-Takt-Gefühl, soll anhand des Rhythmusversuches nachgewiesen werden, der für die Gesamtgruppe schon früher besprochen wurde.
Die Abbildungen 23 und 24 zeigen die Werte für den 5-sec-Takt. Die musikalisch geübte Gruppe erreichte vor dem Gesamtversuch zu 53,3% den Bereich von 9,10 und 11 Takten (die Wertung wurde bereits oben beschrieben), die ungeübte Gruppe jedoch zu 60%.
Nach dem Gesamtversuch konnten die musikalisch vorbelasteten Probanden zu 76,7% in diesen Bereich gelangen, die unvorbelasteten Probanden jedoch zu 88,0%.
Auch bei der exakten Wiedergabe des Takts (exakt 10) schnitten die untrainierten Versuchsteilnehmer besser ab - 24,0% vorher, 44,0% nachher; im Vergleich zu 16,7% vorher und 26,7% nachher bei Übung.
Auch die Gesamtstreuung der Ergebnisse ist nach dem Hauptversuch bei der Musiker-Gruppe wesentlich größer; sie reicht von 8-17 im Vergleich zu 7-12 Takten bei der Nicht-Musiker-Gruppe.
Für den 3-sec-Takt (Abb. 25 und 26) liegen die Werte der trainierten Probanden höher als beim 5-sec-Takt, während die untrainierte Gruppe fast gleich abschneidet, ob 3 oder 5 sec. Für den 9-11-Takte-Bereich erreichen die musikalisch geübten Versuchspersonen 66,6% vorher und 86,7% nach dem Gesamtversuch, die ungeübten Versuchspersonen vorher 56,0% und nachher 88,0%. die Gesamtstreuung der Ergebnisse ist nach dem Versuchsablauf für beide Gruppen weitgehend gleich - 8-14 Takte bei der Musiker-Gruppe und 8-12 Takte bei der Nicht-Musiker-Gruppe.

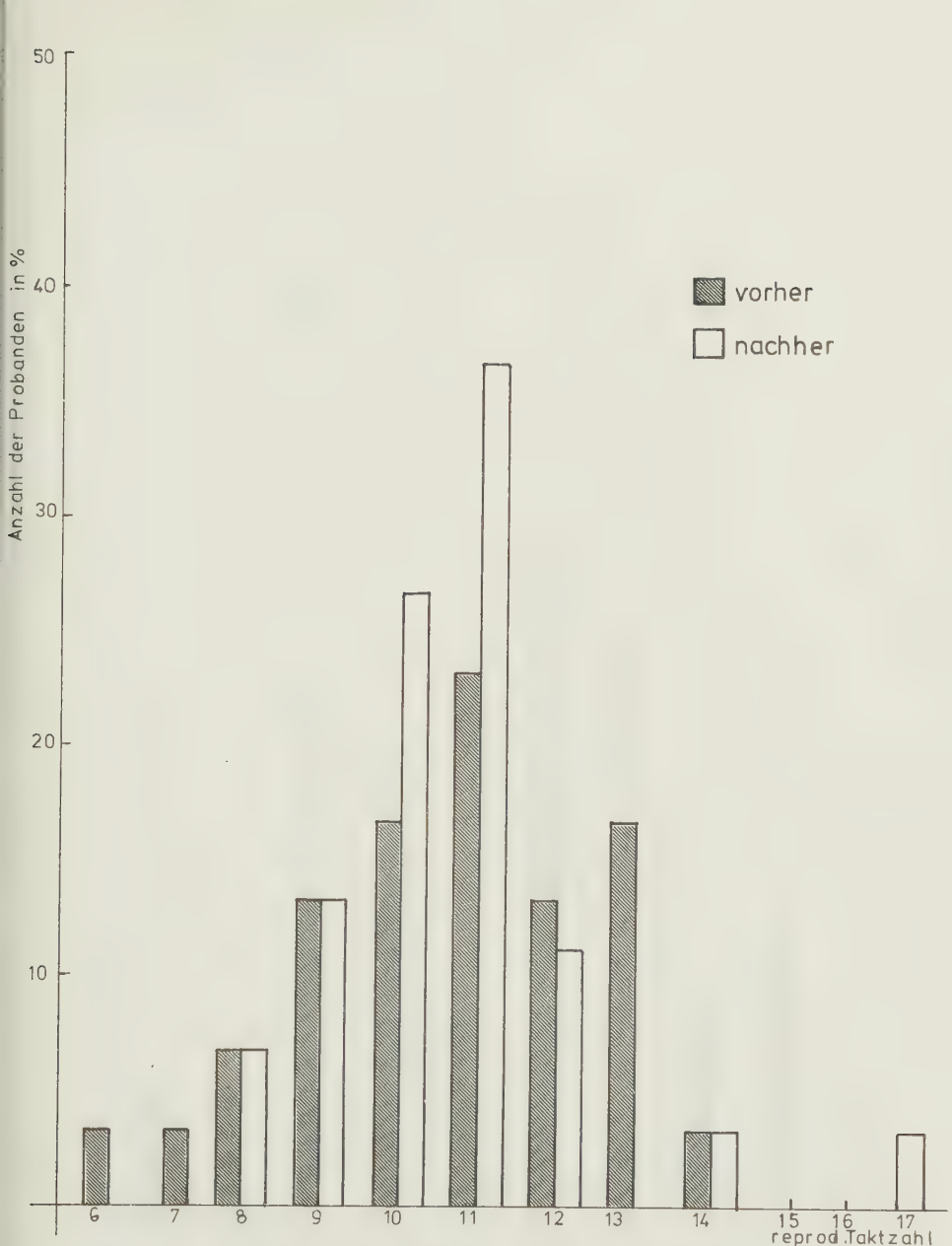


Abb. 23 Anzahl der musikalisch geübten Probanden (in %) in Abhängigkeit von der reproduzierten Taktzahl für den 5-sec-Takt

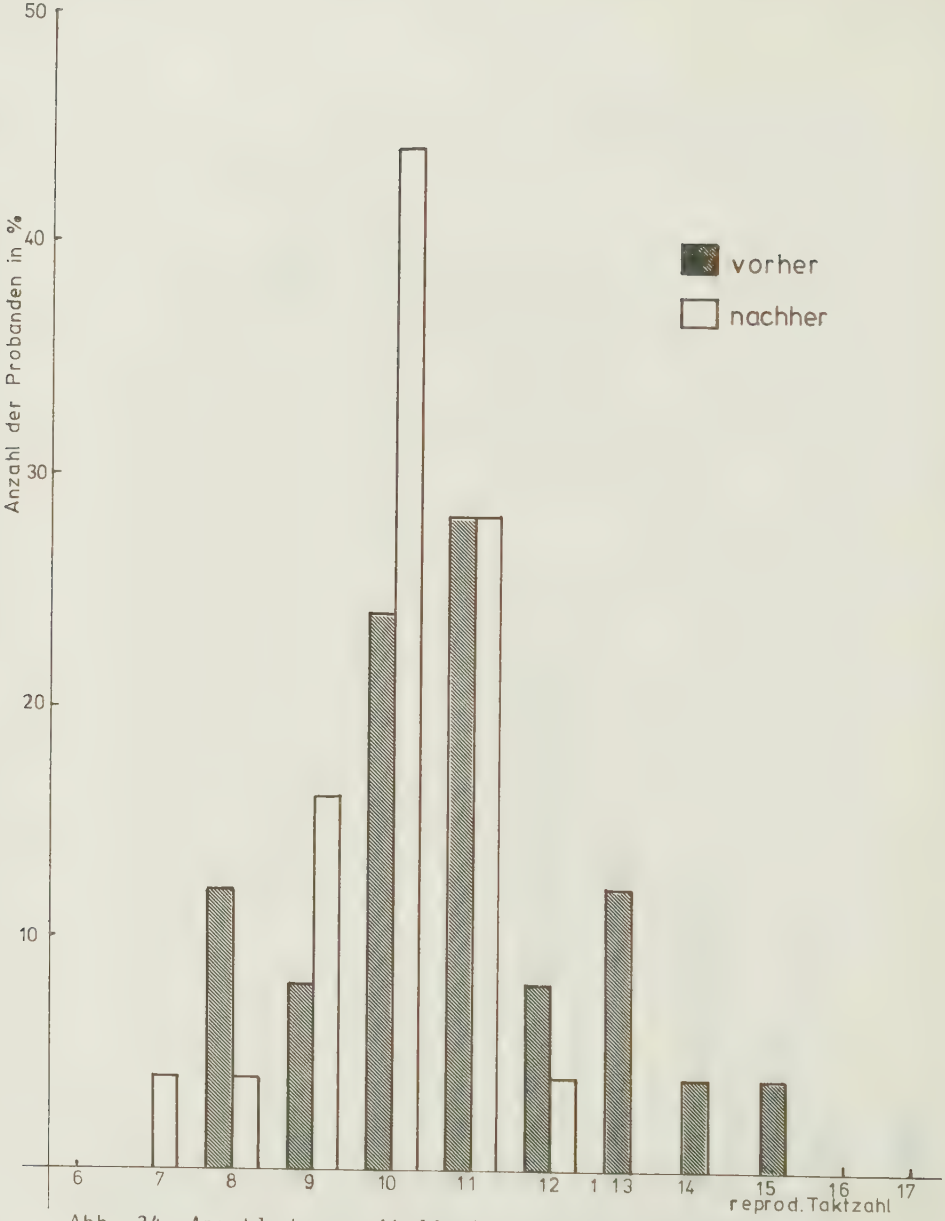


Abb. 24 Anzahl der musikalisch ungeübten Probanden (in %) in Abhängigkeit von der reproduzierten Taktzahl für den 5-sec-Takt

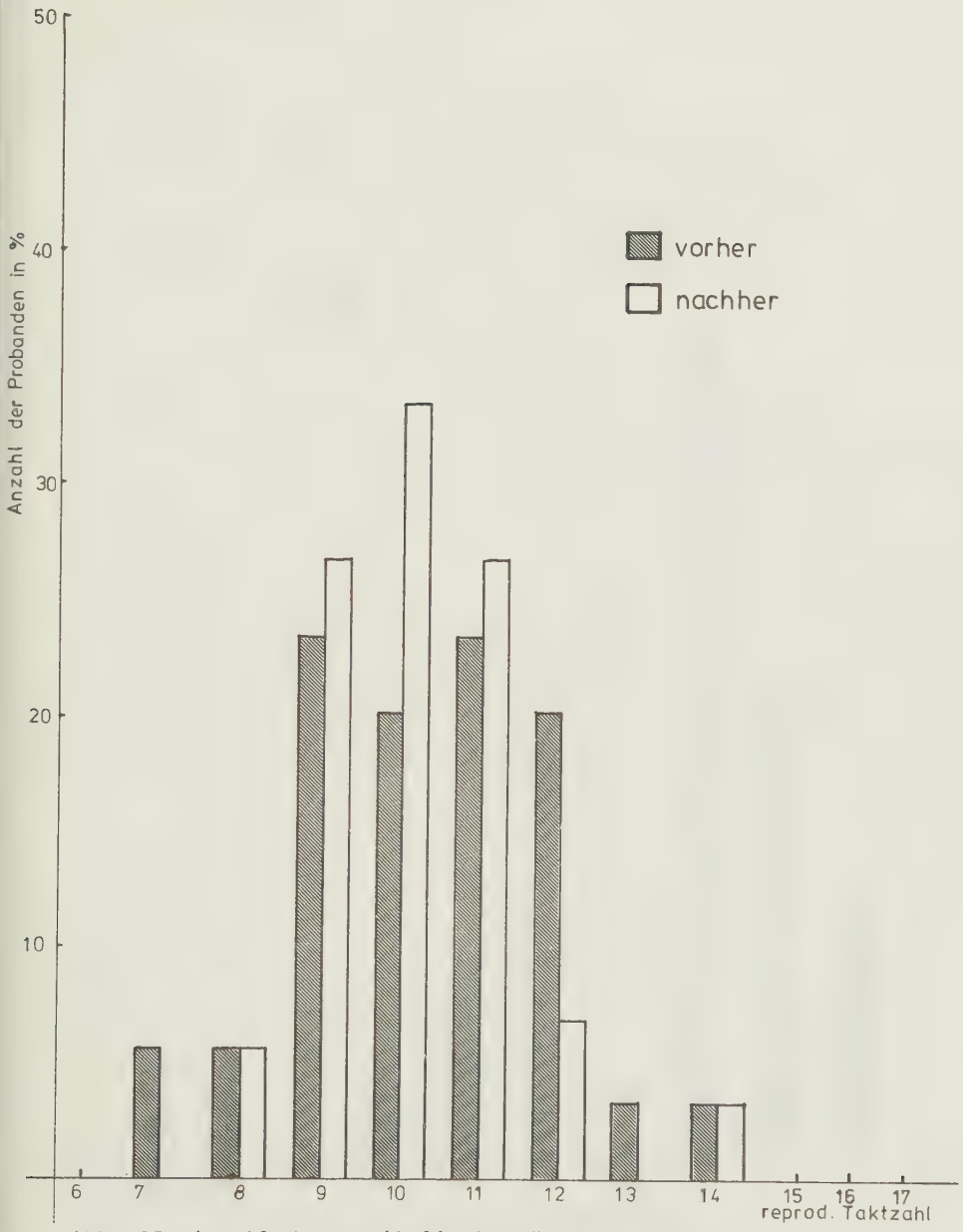


Abb. 25 Anzahl der musikalisch geübten Probanden (in %) in Abhängigkeit von der reproduzierten Taktzahl für den 3-sec-Takt

Abb. 26 Anzahl der musikalisch ungeübten Probanden (in %) in Abhängigkeit von der reproduzierten Taktzahl für den 3-sec-Takt

Es ist allerdings auffällig, daß kein untrainierter Versuchsteilnehmer in der Lage war, den 3-sec-Takt vor dem Gesamtversuch exakt zu reproduzieren; danach konnten dies immerhin 56,0%; dieser Wert entspricht dem Anteil der Gruppe, der vorher 9 bzw. 11 Takte erreichte. Von den Musikern hingegen schaffte es schon vorher jeder fünfte (20%).

Durch dieses Ergebnis wird der viel zitierte Einfluß des Rhythmus' auf die SISI-Rate erheblich abgeschwächt, da die trainierten Probanden stets die besseren Ergebnisse erzielten, obgleich sie den 3-sec-Takt nur wenig besser als die untrainierten Versuchsteilnehmer wiedergeben konnten. Die Motivation und die Übung im genaueren Hinhören auf Tonänderungen müssen natürlich miteinbezogen werden. Für die Schwelle des positiven SISI-Wertes (Abb. 21 und 22) liegen die Werte der geübten Gruppe aber so deutlich höher, daß der Faktor "musikalisch geübt" bei der Auswertung des SISI-Tests auf jeden Fall berücksichtigt werden sollte.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Arbeit beginnt mit einem Überblick über die wichtigsten Theorien zum Intensitätsunterscheidunsvermögen. Die von L e h n h a r d t beschriebene Verknüpfung der Duplizitätstheorie mit der Hypothese nach R a n k e und K e i d e l scheint das brauchbarste Arbeitsmodell für audiometrische Tests zu sein.

Es folgt eine Literaturdiskussion über die klinische Bedeutung des SISI-Tests sowie eine Gegenüberstellung mit der Kritik an seiner Objektivität. Das von B r i x entwickelte Verfahren, den SISI-Test durch Überprüfung der Antworten im EEG zu objektivieren, wird kurz beschrieben.

Danach werden die eigenen experimentellen Untersuchungen dargestellt, die zu folgenden Ergebnissen geführt haben:

1) Die SISI-Rate nimmt mit steigender Prüfintensität stetig zu. Bei 70 dB(SL) zeigt sich eine gewisse Sättigung des Anstiegs, weil diese Lautstärke als unangenehm empfunden wurde.
2) Eine Frequenzabhängigkeit der SISI-Rate kann zwischen 500 Hz und 2000 Hz beschrieben werden; von 2000 Hz bis 8000 Hz bleibt die Rate konstant. Das gilt für alle Prüfschallstärken, ausgenommen 40 dB(SL), wo sich für alle Frequenzen eine weitgehende Konstanz der SISI-Werte ergab.
3) Für den angebotenen Prüfrhythmus zeigt sich ein deutlicher Lerneffekt. Am Ende des Versuches waren die Probanden nahezu ausnahmslos weitaus fähiger, den vorgegebenen Takt nach Abschalten des Tones zu reproduzieren. Das gilt für den 5-sec-Takt wie auch für den 3-sec-Takt. Beide Zeitfolgen führten praktisch zum gleichen Ergebnis, so daß kein wesentlicher Vorteil für einen der beiden Zeitabläufe zu erkennen ist.

4) Die Intensitätsschwelle, ab der ein Normalhörender die SISI-Impulse mit einer ähnlichen Sicherheit (70-100%) erkennt wie der durchschnittliche kochleär Schwerhörige bei 20 dB(SL), liegt für die Gesamtgruppe bei 70 dB(SL) und für musikalisch geübte Probanden bei 60 dB(SL).
5) Die SISI-Rate liegt in Schwellennähe angedeutet höher, wenn die Impulsfolge rascher abläuft.
6) Musikalisch geübte Versuchspersonen erreichten bei allen Versuchen bessere Ergebnisse als die ungeübten, mit Ausnahme des Versuches zur Erlernbarkeit des Prüftaktes, wo alle Versuchspersonen ungefähr gleich reagierten. Dadurch wird der schädliche Einfluß des Rhythmus' auf die SISI-Rate ziemlich eingeschränkt, zumal es - was das Gefühl für den Rhythmus betrifft - auch noch unwichtig ist, ob der Impuls in Abständen von 5 oder 3 sec erscheint. Dagegen sollte der Faktor "musikalisch geübt" bei der Auswertung des SISI-Tests nicht unbeachtet bleiben.

LITERATURVERZEICHNIS

ARAI, H. — A clinical study on the SISI-Test. J. oto-rhino-laryng. Soc.Jap.70 (1967) 1007 ref. ZBL für Hals-Nasen- und Ohrenheilkunde 97 (1968/69) 224

BABIGHIAN, G. (1) — Il SISI-Test nella neurolabirintosi professionali; resultati e considerazioni critiche. Minerva otorinolaring. (Torino) 19 (1969) 225

BABIGHIAN, G. (2) — A propos des tests monauraux de recrutement. Rev. Laryng. (Bordeaux) 92 (1971) 131

v.BÉKÉSY, G. — A new audiometer. Acta oto-laryng. (Stockholm) 35 (1947) 411

BLEGVAD, B. — The SISI test in normal-hearing listeners. An investigastion with non-commercial equipment. Acta oto-laryng. (Stockholm) 62 (1966) 201

BLEGVAD, B., TERKILDSEN, K. — Contralateral masking and the SISI test in normal listeners. Acta oto-laryng. (Stockholm) 63 (1967) 557

BRIX, R. (1) — Der "Objektive Frequenz Dekrement Test" (OFDT): Ein neuer objektiver EEG-Test zur Bestimmung der Frequenzunterschiedsschwelle. Z. Laryng. Rhinol. 54 (1975) 1025

BRIX, R. (2) — Contingent Negative Variations and differential hearing thresholds. European Symposion on Neurophysiology of Hearing. Bordeaux, May 1976 Rev. Laryng. (Bordeaux) Suppl. 97 (1976) 602

BRIX, R. (3) — Der "Objektive Frequenz Dekrement Test" (OFDT): Klinische Resultate. Cochlearsymposium in Halle an der Saale. Juni 1977

BRIX, R. (4) Neue Verfahren in der objektiven Audiometrie zur Simulationsprüfung und zur Frequenz- bzw. Intensitätsunterschiedsschwellenmessung. Z. Laryng. Rhinol. 57 (1978) 733

BRIX, R. (5) Kritische Beurteilung des SISI-Tests. Z. Laryng. Rhinol. 58 (1979) 38

BRUSIS, T. Der "negative" SISI-Test. Z. Laryng. Rhinol. 57 (1978) 46

BYERS, V.W. Conductive SISI-Test. Ann. Otol. (St.Louis) 83 (1974) 125

CHÜDEN, H. SISI- oder Lüschertest; überschwellige Hörprüfungen. Arch. ORL (Berlin) 213 (1976) 467

DAVIS, H. Biophysics and physiology of the inner ear. Physiol. Rev. 37 (1957) 1

DELORGE, J.-C. Etude clinique du SISI-test. Cah. Oto-rhino-laryng. 2 (1967) 459

EGGERMONT, J.J., ODENTHAL, D.W. Action potentials and summating potentials in the normal human cochlea. Acta oto-laryng. Suppl. 316 (1974) 39

EVANS, E.F., KLINKE, R. Reversible effects of cyanide and Furosemide on the tuning of single cochlear fibres. J. Physiol. (London) 242 (1974) 129

FOWLER, E.P. Measuring the sensation of Loudness. A new approach to the physiology of hearing and the functional and differential diagnostic tests. Arch. Otolaryng. (Chicago) 26 (1937) 514

FRITZE, W. Zur Bestimmung des minimal hörbaren Intensitätsunterschiedes. Z. Laryng. Rhinol. 56 (1977) 919

GOTO, S., TAKIMOTO, I., YATSUHASHI, S. An examination of the SISI-test. J. oto-rhino-laryng. Soc. Jap. 69, Suppl. zu Nr.2 (1966) 3 ref. ZBL für Hals-Nasen- und Ohrenheilkunde 93 (1967) 376

GRIFFING, T.A., TUCK, G.A. Split-half reliability of the SISI. J. Aud. Res. 3 (1963) 159

CULICK, W.L. — Hearing. Physiology and Psychophysics. Oxford University Press, New York 1971

HIRSH, I.J., PALVA, T., GOODMAN, A. — Difference limen and recruitment. Arch. Otolaryng. (Chicago) 60 (1954) 525

HUGHES, R.L. — Atypical responses to the SISI. Ann. otol. (St.Louis) 77 (1968) 332

JERGER, J., SHEDD, J., HARFORD, E. — On the detection of extremely small changes in sound intensity. Arch. Otolaryng. (Chicago) 69 (1959) 200

JERGER, J., ALLEN, C., ROBERTSON, D., HARFORD, E. — Hearing loss of sudden onset. Arch. Otolaryng. (Chicago) 73 (1961)

JERGER, J. (1) — The SISI test. Int. Audiol. (Leiden) 1 (1962) 246

JERGER, J.(Ed.)(2) — Modern Developments in Audiology, 2.Aufl. Academic Press, New York 1974

JOHNSON, E.W. (1) — Confirmed retrocochlear lesions. Auditory test results in 163 patiens. Arch. Otolaryng. (Chicago) 84 (1966) 247

JOHNSON, E.W. (2) — Auditory findings in 200 cases of acoustic neuromas. Arch. Otolaryng. (Chicago) 88 (1968) 598

KEIDEL, W.D. — Grundprinzipien der akustischen und taktilen Informationsverarbeitung. Ergebn. Biol. 24 (1961) 213

KIANG, N.Y.-S., MOXON, E.C., LEVINE, R.A. — Auditory nerve activity in cats with normal and abnormal cochleas. In: Sensorineural Hearing loss. Ciba Symposium. Churchill, London 1970

KLINKE, R. — Physiologie des Gleichgewichtsinnes, des Hörens und des Sprechens. In: Schmidt, R.F. und Thews, G., Einführung in die Physiologie des Menschen, 18.Aufl., Berlin, Heidelberg, New York, Springer 1976

LANGENBECK, B., LEHNHARDT, E. — Lehrbuch der praktischen Audiometrie, 5.Aufl., Stuttgart, Thieme 1978

LÜSCHER, E., ZWISLOCKI, J. A simple method for indirect monaural determination of the recruitment phenomenon (difference limen in intensity in different types of deafness). Acta oto-laryng. (Stockholm) Suppl.78 (1949) 156

MARTIN, F.N. The short increment sensitivity index (SISI). In: Handbook of Clinical Audiology, hrsg. von J.Katz, Williams & Wilkins, Baltimore 1972

MEYER ZUM GOTTESBERGE, A. Zur Physiologie der Haarzellen. Arch. Ohr.-,Nas.-u. Kehlk.-Heilk. 155 (1948) 308

MORGAN, A.H., CHARACHON, D., LEBRETON, M.F. Reflexions à propos de l'utilisation du S.I.S.I. test. J. franç. oto-rhini-laryng. 16 (1967) 659

MORGANTE, A.P., ESTEVES, S.M., FERNANDES, F. The SISI test for the diagnosis of audiological deficiencies from cochlear origin. Rev. Hosp. Clin. Fac. Med. (S.Paulo) 21 (1966) 232

OWENS, E. (1) The SISI test in VIIIth nerve versus cochlear involvement. J. Speech Dis. 30 (1965) 252

OWENS, E. (2) The SISI test and recruitment of loudness by alternate binaural loudness balance. J. Speech Dis. 30 (1965) 263

PLATH, P. Der Zeitgang der Lautstärkenunterschiedsempfindlichkeit und sein Einfluß auf die Ergebnisse überschwelliger Hörprüfungen. Arch. für klin. exp. Ohr-Nas.- u. Kehlk.-Heilk. (Berlin) 204 (1973) 309

RAHKO, T. SISI-Test and adaptation. Acta oto-laryng. (Stockholm) 72 (1971) 344

RANKE, O.F. (1) Das Wesen des Rekruitment. Vortrag 1.dtsch. Audiologenkursus, Freiburg, 5.-9.10.1953, 37

RANKE, O.F. (2) Physiologie des Gehörs. In: Lehrbuch der Physiologie, hrsg. von W. Trendelenburg, E. Schütz. Springer, Berlin 1953

RIESZ, R.R.	Differential Intensity Sensitivity of the Ear for Pure Tones. Phys. Rev. (Bethesda) 31 (1928) 867
RIMAN, I.B.	Application of SISI-test in clinical practice. Vestn. Otorinolaryng. (Moskau) 1 (1973) 76 ref. ZBL für Hals-Nasen- und Ohrenheilkunde 110 (1975) 611
RUBINSTEIN, M., LIPMAN, B., YUNDEF, H., LUZ, H.	SISI findings in normal subjects. Acta oto-laryng. (Stockholm) 69 (1970) 112
SAGALOVICH, B.M., PETROVSKAYA, N.A.	Possibilities and limits of SISI test utilization in audiological diagnosis. Vestn. Otorinolaryng. (Moskau) 34 Nr.4 (1972) 19 ref. ZBL für Hals-Nasen- und Ohrenheilkunde 107 (1974) 433
SANDERS, J.W., SIMPSON, M.E.	The effect of increment size on short increment sensitivity index scores. J. Speech Res. 9 (1966) 297
SASAKI, H.	Clinical observations on SISI (short increment sensitivity index) test. Otolaryngology (Tokyo) 39 (1967) 297 ref. ZBL für Hals-Nasen- und Ohrenheilkunde 95 (1967/68) 327
SCHUNICHT, R. a.G. ESSER, G.	Klinische Möglichkeiten des Auffindens eines Lautheitsausgleichs bei der "Electric Response Audiometrie" (ERA) (Düsseldorf) (1972)
de SEBASTIÁN, G.	Nuestros resultados con la prueba del S.I.S.I. . Acta oto-rino-laring. ib.-amer. 17 (1966) 495
SPELLENBERG, S.	Über die topische diagnostische Bedeutung der SISI-Probe. Füll-Orr-Gége-Gyógyaszat 16 (1970) 168 ref. ZBL für Hals-Nasen- und Ohrenheilkunde 103 (1971) 191
Spoendlin, H.	Innervationsprinzipien der Cochlea. In: Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Bd. 23, Barth, Leipzig 1973

SWISHER, L.P. — Response to intensity change in cochlear pathology. Laryngoscope 76 (1966) 1706

TILLMAN, T.W. — Audiological diagnosis of acoustic tumors. Arch. Otolaryng. (Chicago) 83 (1966) 574

WELLESCHIK, B., WICKE, W. — Das Intensitätsunterscheidungsvermögen in Abhängigkeit von Lautstärke und Frequenz. Z. Laryng. Rhinol. 55 (1976) 1016

WELLESCHIK, B. — Lärmschwerhörigkeit und SISI-Test. Z. Laryng. Rhinol. 57 (1978) 328

YANTIS, P.A., DECKER, R.L. — On the short increment sensitivity index (SISI test). J. Speech Dis. 29 (1964) 231

YOKOHAMA, T., TANABE, K., KI, S. — SISI-test and auditory fatigue. Otol. Fukuoka 21 (1975) 117 ref. ZBL für Hals-Nasen- und Ohrenheilkunde 112 (1976) 125

YOUNG, I.M., HARBERT, F. — Significance of the SISI test. J. Aud. Res. 7 (1967) 303

ZÖLLNER, F. — Hals-Nasen-Ohrenheilkunde in Praxis und klinik, Bd.5, OhrI, 2.Aufl., Stuttgart, Thieme, 1979

LEBENSLAUF

Am 11. Dezember 1957 wurde ich in Frankfurt am Main als Tochter des Arztes Dr. Joachim Scharz und seiner Ehefrau Irma, geb. Brand, geboren.
Ich besuchte vier Jahre die Schwanheimer Volkschule und anschließend von 1968 bis 1975 die Helene-Lange-Schule (Gymnasium für Mädchen) in Frankfurt am Main-Höchst und von 1975 bis 1976 das Oberstufengymnasium im Bildungs- und kulturzentrum Frankfurt am Main-Höchst, wo ich im Dezember 1976 die Abiturprüfung ablegte. Im April 1977 begann ich mit dem Studium der Humanmedizin an der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt am Main. Im März 1979 absolvierte ich die ärztliche Vorprüfung, im März 1980 den 1. Abschnitt der ärztlichen Prüfung und im März 1982 den 2. Abschnitt der ärztlichen Prüfung. Im Frühjahr 1983 hoffe ich mein Studium mit Staatsexamen und Promotion abzuschließen.

Brigitte Scharz

EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre ehrenwörtlich, daß ich die dem Fachbereich Humanmedizin Frankfurt am Main zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titiel " Der SISI-Test bei Normalhörigen und seine Beeinflußbarkeit durch Rhythmus und musikalische Übung " im Zentrum der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde des klinikums der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main, Abteilung für Audiologie und medizinische Akustik, unter Leitung und mit Unterstützung durch Herrn Prof. Dr.-Ing. D. Röser ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe.
Ich habe bisher an keiner in- und ausländischen Medizinischen Fakultät ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht noch die vorliegende Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Frankfurt am Main, den 27.4.1982

Brigitte Schara